
694



COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX CENT QUARANTE TROISIÈME.

DEUXIÈME PARTIE : OCTOBRE-DÉCEMBRE **1956.**

TABLES SEMESTRIELLES.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE

Quai des Grands-Augustins, 55.

—

1956

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1ER OCTOBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **André Danjon** signale à l'Académie la présence des Membres suivants du Comité international des Poids et Mesures : MM. **Gino Cassinis**, Correspondant de l'Académie, Recteur du « Politecnico » de Milan, **Richard Vieweg**, Président de la « Physikalisch-technische Bundesanstalt » de Braunschweig, **Allen Astin**, Directeur du « National Bureau of Standards », à Washington, **Henry Barrell**, Superintendant de la Division de Métrologie du « National Physical Laboratory », de Teddington, **Grégoire Bourdoun**, Vice-président du Comité des Normes, des Mesures et Instruments de mesure, à Moscou, **Norman Abraham Esserman**, Chef de la Division de Métrologie du « National Standard Laboratory », à Sydney, **Leslie Ernest Howlett**, Directeur de la Division de Physique appliquée du « National Research Council », à Ottawa, **Célestin Kargatchin**, Chef de section honoraire du Ministère du Commerce, à Zagreb, **José Otero**, Directeur de l'Institut d'Optique « Daza de Valdès », à Madrid, **Joseph Stulla-Götz**, Conseiller supérieur au Bureau fédéral des Poids et Mesures et d'Arpentage, à Vienne, **Yrjö Väisälä**, Professeur à l'Université de Turku, **Ziro Yamauti**, Professeur à l'Université de Tokyo. M. le Président leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Intégrales aléatoires de l'équation de la diffusion.* Note de M. **Joseph Kampé de Fériet**.

On étudie les propriétés statistiques des intégrales lorsque la vitesse du fluide diffusant est une variable aléatoire.

1. Considérons l'équation de la diffusion dans un fluide se mouvant par tranches parallèles :

$$\frac{\partial s}{\partial t} - \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} = - \frac{\partial}{\partial x}(us); \tag{1}$$

t désigne le temps, x l'abscisse de la tranche, $s(x, t)$ la concentration de la matière diffusée, $u(x, t)$ la vitesse du fluide [1]. Supposons u constante ; on sait que (1) se ramène alors à l'équation de la chaleur par la transformation :

$$s(x, t) = S(x, t) \exp\left[\frac{u}{2}x - \frac{u^2}{4}t\right].$$

Donnons-nous une concentration $f(x)$ à l'instant $t = 0$, satisfaisant les conditions : (a) $f(x) \geq 0$; (b) il existe un $c \geq 0$ tel que $e^{-cx^2}f(x) \in L(-\infty, +\infty)$; nous déduisons d'un résultat classique de l'équation de la chaleur que

$$(2)\qquad \begin{cases} s(x, t, u) = \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} k(x-\xi, t) \exp\left[\frac{u}{2}(x-\xi) - \frac{u^2}{4}t\right] f(\xi)\, d\xi, \\ k(x, t) = (4\pi t)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{x^2}{4t}}. \end{cases}$$

définit, quelle que soit la constante u, une intégrale de (1) dans la bande

$$B = \left\{(x, t) : -\infty < x < +\infty,\ 0 < t < \frac{1}{4c}\right\}.$$

telle que

$$\lim_{t \to +0} s(x, t, u) = f(x) \qquad \text{presque partout.}$$

En transposant à s les théorèmes d'unicité de l'équation de la chaleur [2], on peut d'ailleurs établir facilement des conditions suffisantes pour que l'intégrale (2) soit unique.

2. Supposons maintenant que la vitesse u, au lieu d'être une *constante donnée*, soit une *variable aléatoire* ; (2) définit alors une *concentration aléatoire*. En effet lorsque $u = u(\omega)$ est une fonction mesurable sur un espace de probabilité $(\Omega, \mathcal{S}, \mu)$, il est clair que $s[x, t, u(\omega)]$ est, pour chaque $(x, t) \in B$, une fonction mesurable de ω. Nous nous proposons d'indiquer quelques propriétés statistiques de la concentration aléatoire. Désignons par $\mathcal{F}(\alpha)$ la fonction de répartition de $u/2$

$$\text{Prob}[u < 2\alpha] = \mathcal{F}(\alpha)$$

et posons

$$(3)\qquad \psi(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{\alpha x - \alpha^2 t}\, d\mathcal{F}(\alpha),$$

on voit aisément que, quelle que soit $\mathcal{F}$, ψ est définie et continue dans le demi-plan $D = \{(x, t) : -\infty < x < +\infty,\ 0 < t < +\infty\}$ et que

$$(4)\qquad 0 \leq \psi(x, t) \leq e^{\frac{x^2}{4t}}.$$

La *concentration moyenne* est définie par

$$\bar{s}(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(x, t, 2\alpha)\, d\mathcal{F}(\alpha).$$

En remplaçant $s(x, t, 2\alpha)$ par son expression (2), puis en intervertissant les les intégrations, on obtient formellement

$$\bar{s}(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} k(x-\xi, t)\,\psi(x-\xi, t)\,f(\xi)\,d\xi. \tag{5}$$

Mais pour que ce calcul soit légitime, il faut pouvoir prouver que cette intégrale est finie. *Or, bien que les conditions* (*a*) *et* (*b*) *suffisent à garantir l'existence de tout échantillon de la concentration aléatoire dans la bande* B, *il se peut que la concentration moyenne ne soit définie que dans une bande* $B_1 \subset B$; en voici un exemple :

THÉORÈME 1. — *Soit u une variable aléatoire normale, telle que* $\bar{u} = 0$, $\bar{u}^2 = \sigma^2$; *désignons par* $U(x, t)$ *l'intégrale de l'équation de la chaleur, définie dans* B, *telle que :* $\lim_{t \to +0} U(x, t) = f(x)$; *la concentration moyenne n'est définie que dans la bande* $B_1 = \{(x, t) : -\infty < x < +\infty,\ 0 < t < a\}$, $a = (1/\sigma^2)\left[\sqrt{1 + (\sigma^2/2c)} - 1\right]$; *en tout point de* B_1, *on a*

$$\bar{s}(x, t) = U\left[x,\ t\left(1 + \frac{\sigma^2}{2}t\right)\right]. \tag{6}$$

En effet, *u* suivant la loi de Laplace-Gauss, on a

$$\psi(x, t) = \left(1 + \frac{\sigma^2}{2}t\right)^{-\frac{1}{2}} \exp \frac{\sigma^2 x^2}{8\left(1 + \frac{\sigma^2}{2}t\right)}$$

d'où

$$k(x, t)\,\psi(x, t) = k\left[x,\ t\left(1 + \frac{\sigma^2}{2}t\right)\right], \tag{7}$$

La formule (6) résulte alors du rapprochement de la formule de Poisson :

$$U(x, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} k(x-\xi, t)\,f(\xi)\,d\xi$$

et de la formule (5) transformée grâce à (7).

Comme U peut cesser d'exister pour $t = 1/4c$ [par exemple, si $f(x) = e^{cx^2}$ on a $U(x, t) = (1 - 4ct)^{-1/2} \exp(cx^2/(1 - 4ct))$], il est clair que $\bar{s}$, définie par (6) n'existe que dans $B_1 \subset B$; notons que, quand σ croît de zéro à $+\infty$, a décroît de $1/4c$ à zéro; en prenant la variance de *u* assez grande, on peut donc toujours rendre la bande B_1, aussi étroite qu'on le veut.

Cette remarque met en lumière une difficulté, que l'on oublie parfois, quand, par exemple, dans la théorie de la turbulence, on parle de propriétés statistiques d'intégrales aléatoires des équations de Navier : l'existence d'un *mouvement aléatoire* dans un domaine de l'espace-temps ne garantit pas, *ipso facto*, l'existence d'un *mouvement moyen* dans le même domaine.

3. Pour être certain que la concentration moyenne existe dans le même domaine que la concentration aléatoire il faut imposer des conditions plus sévères à la concentration initiale; par exemple :

THÉORÈME 2. — *Si la masse totale de matière est finie :*

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\,dx = \mathrm{M}, \tag{c}$$

la concentration aléatoire et la concentration moyenne existent toutes deux dans le demi-plan D *; plus généralement le moment d'ordre n :*

$$\Gamma(x_1, t_1, \ldots, x_n, t_n) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\prod_{j=1}^{j=n} s(x_j, t_j, \alpha) \right] d\mathcal{F}(\alpha)$$

est défini pour tout ensemble $(x_j, t_j) \in \mathrm{D}$ *par*

$$\Gamma = \int \cdots \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\prod_{j=1}^{j=n} k(x_j - \xi_j, t_j) f(\xi_j) \right] \times \psi(x_1 + \ldots + x_n - \xi_1 \ldots - \xi_n, t_1 + \ldots + t_n)\, d\xi_1 \ldots d\xi_n. \tag{8}$$

Pour démontrer l'existence de $\bar{s}$, il suffit de remarquer que, en vertu de (4) : $0 \leq k(x, t)\psi(x, t) \leq (4\pi t)^{-1/2}$; l'intégrale (5) satisfait donc à :

$$0 \leq \bar{s}(x, t) \leq (4\pi t)^{-\frac{1}{2}} \mathrm{M};$$

(8) se démontre de la même manière.

(1) On suppose que, par un choix convenable des unités, le coefficient (constant) de diffusion moléculaire est rendu égal à 1.

(2) *Voir* A. TYCHONOFF, *Math. Sbornik*, 42, 1935, p. 199-216; J. L. B. COOPER, *J. London Math. Soc.*, 1950, p. 173-180; J. KAMPÉ DE FÉRIET, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1527; pour le cas des intégrales positives de l'équation de la chaleur, qui correspond à celui de notre problème, *voir* spécialement D. V. WIDDER, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 55, 1944, p. 85-95.

EMBRYOLOGIE. — *Sur les relations entre le grand axe de l'utérus et le plan de symétrie bilatérale chez l'embryon de souris.* Note de M. **PAUL ANCEL**, et Mme **MARYSE REYSS-BRION**.

Dans la très grande majorité des cas, le plan de symétrie bilatérale de l'embryon de Souris est perpendiculaire au grand axe de l'utérus comme chez les Oiseaux et les Reptiles.

Les souris chez lesquelles nous avons étudié les relations entre le plan de symétrie bilatérale de l'embryon et le grand axe de l'utérus ont été sacrifiées exactement huit jours après l'accouplement, les femelles étant isolées dès que la présence d'un bouchon vaginal était constatée. L'utérus prélevé est épinglé sur fond de liège dans un cristallisoir renfermant de

l'alcool à 95°. Les dilatations utérines sont ouvertes au plus tôt 1 h après mise en alcool. Après ce temps, les fibres musculaires sont en effet suffisamment durcies pour que leur section ne risque pas d'entraîner un déplacement même léger de l'embryon. Les cornes utérines sont orientées : le côté ovarien à la gauche de l'observateur et le côté cloacal à droite. Le meso qui rattache l'utérus à la paroi abdominale et qui a été sectionné pour prélever cet organe est appliqué contre le liège. Une petite ouverture est pratiquée dans la paroi de chaque renflement embryonnaire sur la face opposée au meso. Dans ces conditions, l'embryon présente à l'observateur sa face ventrale recouverte par l'amnios. On note son orientation exacte et on le dégage ensuite un peu plus de l'utérus pour compter les somites.

En très grande majorité, les 249 embryons examinés possédaient de 5 à 7 somites, mais certains d'entre eux ont montré des variations allant de 0 à 11 somites.

Les différentes orientations du plan de symétrie bilatérale peuvent être divisées en deux groupes suivant que ce plan est perpendiculaire ou parallèle au grand axe de l'utérus, avec des écarts ne dépassant pas 45°. Nous avons observé 209 cas de perpendicularité (83,8 %) et seulement 40 cas de parallélisme (16 %). Les résultats sont sensiblement les mêmes pour les deux cornes :

— Corne droite : 122 embryons, 85,3 % de cas de perpendicularité;

— Corne gauche : 127 embryons, 82,6 % de cas de perpendicularité.

Comme comparaison avec l'œuf des Oiseaux nous rappellerons que l'un de nous (1) a obtenu après examen de 5 000 œufs de Poule des résultats très voisins de ceux que nous venons de signaler chez la Souris. Les cas de perpendicularité s'élevaient en effet à 87,8 % et ceux de parallélisme à 12,1 %. Chez le Lézard, Clavert et Zahnd (2) n'ont observé qu'un cas de parallélisme contre 63 de perpendicularité.

Les recherches d'Ancel et Vintemberger (3) sur le déterminisme de la symétrie bilatérale chez les Amphibiens ont permis pour expliquer ces résultats de formuler l'hypothèse suivante : Les rapports entre le plan de symétrie bilatérale et le grand axe des conduits génitaux sont dus à un facteur agissant sur l'œuf fécondé avant sa division en deux blastomères, l'œuf se trouvant par conséquent encore dans la trompe.

Ces auteurs ont en effet expérimentalement démontré que :

1° Le facteur déterminant de la symétrie bilatérale chez les Amphibiens est la rotation de symétrisation, phénomène constant consécutif à l'activation, faisant suite à l'expulsion du deuxième globule polaire et précédant la division de l'œuf en ses deux premiers blastomères;

2° Cette rotation de symétrisation consiste essentiellement en un déplacement du cortex ovulaire sur la masse centrale immobile;

3° L'orientation du plan de symétrie bilatérale est déterminée par la direction du plan méridien dans lequel a lieu cette rotation et l'axe dorso-ventral par le sens dans lequel elle s'exécute;

4° La direction et le sens de la rotation de symétrisation peuvent être déterminés par la forme de l'œuf avant fécondation, par le spermatozoïde et par divers facteurs après pénétration du spermatozoïde dans l'œuf, mais avant le début de sa division en deux blastomères (pression, inclinaison, rotation de l'œuf);

5° Ces facteurs n'ont plus aucune action sur l'orientation du plan de symétrie bilatérale s'ils sont mis en œuvre après l'apparition du premier sillon de segmentation.

L'action de la rotation expérimentale de l'œuf fécondé indivis sur l'orientation du plan de symétrie bilatérale a été confirmée par Ginzburg [4] sur des œufs d'esturgeon. Cette rotation exécutée de 15 à 30 mn après l'insémination a orienté le plan de symétrie dans 75 cas sur 79.

Clavert et Vintemberger [5] ont cependant émis l'hypothèse de l'action d'une rotation de l'œuf des Oiseaux dans l'utérus pour orienter le plan de symétrie bilatérale bien que l'œuf soit déjà à ce moment au stade blastula.

L'hypothèse de la rotation de l'œuf dans les voies génitales comme facteur de l'orientation du plan de symétrie bilatérale a été admise par Pasteels [6] pour les Oiseaux et les Reptiles à la suite de ses recherches sur *Chamæleo bitæniatus* dans lesquelles il a constaté que sur 86 embryons, le plan de symétrie bilatérale était perpendiculaire au grand axe de l'œuf dans tous les cas sauf un. D'après cet auteur il faudrait cependant se garder de croire *a priori* que la symétrisation est nécessairement épigénétique chez tous les Vertébrés parce que les travaux de Dalcq et de ses collaborateurs ainsi que ceux de Jones Seaton [7] témoigneraient que ce n'est certainement pas le cas chez les Mammifères.

Dalcq et Jones Seaton ont effectivement décrit un plan de symétrie bilatérale dans l'œuf ovarien de certains rongeurs dont la Souris en se basant sur des structures mises en évidence par divers colorants, en particulier par une méthode cytologique de détection des acides ribonucléiques, mais ils n'ont pas démontré que ce plan de symétrie bilatérale persistait chez l'embryon et que la structure bilatérale de l'œuf ovarien n'était pas modifiée par le spermatozoïde ou des facteurs physiques agissant sur l'œuf fécondé indivis. Dans ces conditions, les relations entre le plan de symétrie et le grand axe des voies génitales étant, d'après nos observations, les mêmes chez la Souris et chez les Sauropsidés la restriction de Pasteels concernant les Mammifères n'apparaît pas fondée et nos observations viennent au contraire appuyer l'hypothèse que *les relations entre le plan de symétrie bilatérale et le grand axe des voies génitales est dû à un*

facteur agissant sur l'œuf fécondé chez les Mammifères, comme chez les Sauropsidés.

Certaines observations faites antérieurement par différents auteurs qui ne s'intéressaient pas au déterminisme de la symétrie bilatérale viennent à ce sujet s'ajouter à nos résultats chez la Souris et rendre très vraisemblable qu'ils pourraient être retrouvés chez d'autres Mammifères.

Jolly et Férester-Tadie (8) dans leur étude sur l'œuf du Rat et de la Souris disent en effet que l'orientation de l'œuf dans l'utérus étant assez constante il est facile d'obtenir des coupes bien orientées dans un plan déterminé : les coupes du renflement faites suivant un plan antéro-postérieur donnent presque régulièrement des sections sagittales de l'œuf. Les coupes faites suivant un plan frontal réalisent des sections frontales de l'œuf. Des coupes faites suivant un plan transversal intéressent aussi l'œuf suivant un plan transversal.

Sobotta (9) avant ces auteurs avait déjà observé les mêmes faits et il rappelle qu'ils avaient antérieurement été signalés par Kupffer, Selenka et Duval dans leurs travaux sur le développement de l'embryon ou du placenta.

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2285.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 149, 1955, p. 1650.
(3) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 1948, suppl. 31, p. 182.
(4) *Dokl. Acad. Nauk. S. S. S. R.*, 90, p. 477.
(5) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 437.
(6) *Arch. d'Anat. Hist. Embryol.*, 37, 1954, p. 125.
(7) *Arch. de Biol.*, 61, 1950, p. 291.
(8) *Arch. Anat. micr.*, 32, 1936, p. 323.
(9) *Arch. F. micr. Anat.*, 78, 1911, p. 271.

M. **Henri Besairie** adresse en hommage à l'Académie la *Carte géologique de Madagascar en treize feuilles à l'échelle du* 1/500 000e, mise à jour par lui en 1956.

DÉSIGNATIONS.

M. **Jean Piveteau** est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à Rumigny (Ardennes), le 14 octobre prochain, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la mort du préhistorien **Édouard Piette**.

MM. **Gabriel Bertrand**, **Maurice de Broglie**, **Marcel Delépine**, **Albert Caquot**, **Paul Lebeau**, **Albert Portevin**, **Albert Pérard**, **Louis Hackspill**,

Paul Pascal, Pierre Chevenard, Georges Darrieus, Charles Dufraisse, Philibert Guinier, Georges Chaudron sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956, pour célébrer le bi-centenaire de la naissance de **Jean Chaptal**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Notes techniques. *A propos de quelques expériences récentes sur la convection de la chaleur et la transformation de l'énergie*, par Pierre Vernotte.

ALGÈBRE. — *Théorie multiplicative des idéaux.*

Note de M. **Jean Guérindon**, présentée par M. René Garnier.

Le procédé de définition de certaines équivalences à partir de topologies, indiqué dans une Note antérieure [1] permet de généraliser à un anneau commutatif la théorie multiplicative classique. Comme pour les anneaux normaux de Krull on renforce, au moyen de la théorie des gerbiers et en un sens strict, la théorie d'Artin-Prüfer.

1. *Notion de* S-*normalité.*

Soit A un anneau commutatif, muni d'un élément unité non nul, et S un sous-demi-groupe de A, contenant d'éventuels diviseurs de zéro. Soit $N = N(S)$ le S-composant de (O), φ l'homomorphisme $A \to A/N = A'$, S' l'image $\varphi(S)$, A_S l'anneau classique $A'_{S'}$, $T(S)$ le treillis multiplicatif quasi entier des idéaux fractionnaires *réguliers* [2] de A_S et $\mathfrak{A}(S)$ l'équivalence d'Artin en $T(S)$.

Définition. — *On dit que l'anneau* A *est* S-*normal si tout idéal entier régulier* I' *de* A' *est congru modulo* $\mathfrak{A}(S)$ *à un produit d'idéaux entiers réguliers premiers de* A'.

Exemples. — *a*. soit A un domaine d'intégrité noethérien. Si $T(S)$ est fermé [3], A est S-normal. La réciproque est vraie d'après le théorème 1 mais fausse dans le cas général. *b*. si A est un anneau normal [*cf*. [1], th. 1] il est A^*-normal avec $A^* = A - \{O\}$. On a alors le :

Théorème 1. — *Si* A *est* S-*normal*, $T(S)$ *est fermé et les idéaux premiers* p'_i *attachés à* I' *et incongrus à* A' *sont déterminés à l'ordre près et sont les idéaux premiers minimaux de* I' *incongrus à* A'. *Pour* I' *variable la famille* E *de tous les idéaux* p'_i *coïncide avec chacune des familles suivantes :*

E_1 : *ensemble des éléments minimaux de l'ensemble des idéaux premiers qui coupent* S'.

E_2 : *ensemble des idéaux premiers réguliers minimaux.*

E_3 : *ensemble des idéaux premiers réguliers* p' *tels que* p' *incongru à* A' *et* $p' \subset J' \subseteq A'$ *entraîne* $J' \equiv A'$.

On peut supposer que $S = S'$, c'est-à-dire que S ne contient aucun diviseur de zéro : tout I satisfait mod $\mathfrak{A}(S)$ à $I \equiv p_1 p_2 \ldots p_r$ et il suffit de voir que par exemple $p = p_1$ est $\mathfrak{A}(S)$-inversible car les classes formeront un groupe. Or p contient $x = s_1/s$ et l'on aura $Ax \equiv q.q_2 \ldots q_r$ et $Ax = (Ax)^\star$ donc p contient q par exemple. Comme q est $\mathfrak{A}(S)$-inversible il suffit de voir que $p \equiv q$.

Si l'on avait $p \not\equiv q$ on aboutirait à $p \equiv A$ contrairement à l'hypothèse. En effet qp^{-1} est régulier et entier d'après $qp^{-1} \subseteq pp^{-1} \subseteq A$ et l'on a $qp^{-1} \equiv u_1 u_2 \ldots u_t$ et $pp^{-1} \equiv v_1 v_2 \ldots v_s$. Or on a par convexité $qq^{-1} \equiv A$ donc

$$qpp^{-1} \equiv u_1 u_2 \ldots u_t p \equiv q v_1 v_2 \ldots v_s$$

et donc

$$u_1 u_2 \ldots u_t p q^{-1} \equiv (qq^{-1}).v_1 v_2 \ldots v_s \equiv v_1 v_2 \ldots v_s \subseteq A$$

et comme la classe d'un élément entier est entière on a $u_1 u_2 \ldots u_t p(q^{-1} q) \subseteq q$. Or q ne contient pas p et non plus $q^{-1} q$ (sinon par convexité $q \equiv A$) donc $q \supseteq u_1 u_2 \ldots u_t$ donc $q^\star \supseteq (qp^{-1})^\star$ et donc :

$$A = (qq^{-1})^\star = (q^\star q^{-1})^\star \supseteqq [(qp^{-1})^\star q^{-1}]^\star$$

et donc $(p^{-1})^\star \subseteq A$ donc $p^{-1} \subseteq A$, ce qui est impossible.

L'unicité se montre alors par récurrence sur le nombre des facteurs, compte tenu du fait que l'on a pour chaque facteur p les relations $p = p^\star$ et $pp^{-1} \equiv A$ de la théorie des gerbiers complètement entiers fermés. Et l'on déduit de l'unicité que $I \subset J \subset A$ entraîne (par décomposition de IJ^{-1}) que l'on a la loi Φ : chaque composant p de J figure *effectivement* parmi ceux de I avec un exposant au moins égal.

Les égalités $E = E_2 = E_3$ résultent de la loi Φ. On a $E_3 \supseteq E_1$ car tout $p \in E_1$ contient $s \in S$ et l'on a $p \supseteq As = (As)^\star \equiv w_1 \ldots w_k$. On a par exemple $p \supseteq w_1$ et donc $p = w_1 \in E = E_3$. Reste à voir que $p \in E_3$ et les inclusions strictes $A \supset p \supset m \supset (o)$ sont incompatibles avec un idéal premier m qui coupe S et enfin que p coupe S.

Or par convexité $m \not\equiv A$ et de plus $m = m^\star$ (m est régulier) et donc on a $m \equiv z.z_2 \ldots z_l$. Alors on a par exemple $m \supseteq z$ donc $p \supseteq z$ donc $p = m = z$. Si l'idéal régulier p ne coupait pas S on aurait $p^{-1} \not\equiv A$ sinon $p = p^\star = (pp^{-1})^\star = A$. Il existerait $x = a/s$ non en A avec $(a/s)p \subseteq A$ et comme on sait que l'on a $As : p \equiv As.p^{-1}$, la loi Φ conduit à une contradiction par décomposition de As.

Nakayama a montré qu'il existe des anneaux complètement entiers fermés [3]

dans leur corps des quotients qui ne sont pas des anneaux normaux de Krull : la propriété de S-normalité ne se réduit donc pas à la fermeture de T(S).

COROLLAIRE. — *Un anneau d'intégrité est un anneau normal si et seulement si les idéaux premiers engendrent multiplicativement les classes entières de l'équivalence d'Artin* (4).

On déduit du théorème 1 que si A est S-normal l'équivalence $\mathcal{A}(S)$ est résiduellement fermée [c'est-à-dire fermée pour la fermeture de Moore introduite en (1)], que $T(S)/\mathcal{A}(S)$ est un groupe $\Gamma(S)$ et qu'un voisinage de la topologie $\tau(S)$ associée est tout idéal dont les diviseurs premiers ne sont pas en E.

Alors on peut étendre $\mathcal{A}(S)$ à l'ensemble des idéaux fractionnaires, réguliers ou non, au moyen de $\tau(S)$. L'équivalence obtenue est alors une *congruence* du treillis multiplicatif de ces idéaux, soit $\mathcal{B}(S)$. Lorsque A est un anneau normal, $\mathcal{B}(S)$ se réduit à l'équivalence d'Artin ordinaire si S a été choisi le plus grand possible : ainsi se pose le problème de l'étude de l'ensemble des S rendant A S-normal.

2. *Notion de normalité forte.* — Cette étude se fait sans restriction si A est un anneau d'intégrité mais si A possède des diviseurs de O les comparaisons des divers noyaux N(S) ne se feront aisément que dans les cas d'application du

LEMME. — *Pour que* S *soit tel que* $N(\Sigma) = N(S)$ *pour tout* $\Sigma \subseteq S$ *il faut et il suffit que l'on ait :* $S \subseteq \mathrm{rad}[(O):N(S)]$. Par exemple cette condition se réduit dans le cas noethérien (en fait dès que l'on a une décomposition primaire en idéaux primaires forts) à la condition : *tout idéal premier minimal qui coupe* S *le contient.*

DÉFINITION. — *On dit que* A *est fortement* S-*normal s'il est* S-*normal et si* S *satisfait à* : (C): $S \subseteq \mathrm{rad}[O):N(S)]$.

THÉORÈME 2. — *Si l'anneau* A *est fortement* S_1-*normal, il est fortement* S_2-*normal pour tout* $S_2 \subseteq S_1$.

On posera $A' = A/N_1 = A/N_2$. L'inclusion des A'-modules $A'_{S'_1}$ et $A'_{S'_2}$ conduit immédiatement à $T(S_2) \subseteq T(S_1)$. Soit alors un I' entier de $T(S_2)$, on a $I' \equiv p'_1 p'_2 \ldots p'_h \bmod \mathcal{A}(S_1)$. Or les p'_i contiennent I' d'après le théorème 1 donc sont réguliers relativement à S_2 et l'on a la même congruence modulo $\mathcal{A}(S_2)$.

THÉORÈME 3. — *Pour tout anneau* A *il existe, moyennant l'axiome du choix, des demi-groupes maximaux* S_m *rendant* A *fortement normal et tous les autres sont les* S *contenus en quelque* S_m.

A est fortement normal pour l'ensemble A_0 des éléments inversibles de A. Si l'on établit que A est fortement normal pour l'union $S = \bigcup_k S_k$ d'une famille non vide totalement ordonnée $\{S_k\}$ rendant chacun A fortement normal, le théorème de Zorn et le théorème 2 donneront le théorème. Soit N le S-composant de (O) : on a $N = N_k$ pour tout k, on posera $A' = A/N$. Soit U'

un élément entier de $T(S) = \bigcup_k T(S_k)$, il contient un $x = s'/s'_1$ avec s' et $s'_1 \in S'$, que l'on peut supposer appartenir à tous les S'_k. Le théorème 1 et la condition d'ordre total conduisent au résultat.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2693.
(2) A'-modules de $A_{S'}$ avec un dénominateur commun et contenant chacun un s'/s'_1.
(3) Complètement entiers fermés au sens de la théorie des Treillis.
(4) Si en plus $\mathfrak{A}(A^*)$ est l'égalité A est un domaine de Dedekind. I. S. COHEN, *Duke Math. Journ.*, 1950, p. 27, th. 6. On pose $A^* = A - \{0\}$.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la théorie des champs quantifiés en relativité généralisée.* Note de M. **ROBERT POTIER**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons montré (1), (2), (3), (4) qu'il est possible de déduire entièrement la théorie des champs quantifiés en relativité restreinte d'une double hypothèse de covariance : *a*. covariance relativiste; *b*. covariance par rapport aux changements de base dans l'espace de Hilbert. La présente Note a pour objet d'étendre le procédé à la relativité généralisée.

Un champ non quantifié (ou une particule unique) est représenté par un être géométrique ψ, spineur ou tenseur, fonction d'instant point qui, en relativité restreinte, vérifie des équations aux dérivées partielles linéaires

$$\gamma^\mu \partial_\mu \psi = \varkappa \psi. \tag{1}$$

Les spineurs n'étant pas définis en coordonnées affines quelconques, il convient, en relativité généralisée, d'utiliser les repères orthonormaux mobiles d'Élie Cartan (5), dont le déplacement infinitésimal s'exprime selon

$$dM = \omega^i e_i, \tag{2}$$

$$de_i = \omega_i^k e_k \qquad (\omega_i^k = \Gamma_i{}^k{}_h \omega^h) \tag{3}$$

(les ω^i et ω_i^k sont des formes de Pfaff).

Si $d\psi = \omega^i \psi_{/i}$ et si le changement de repère (3) se traduit par

$$\delta\psi = A^h{}_k \omega_h{}^k \psi,$$

la dérivée covariante de ψ, au sens d'Élie Cartan (6), s'écrit

$$\psi_{|i} = \psi_{/i} - A^h{}_k \Gamma_h{}^k{}_i \psi. \tag{4}$$

Les équations (1) deviennent, en relativité généralisée

$$\gamma^\mu \psi_{|\mu} = \varkappa \psi. \tag{5}$$

Le quadrivecteur-courant $\mathcal{V}^\mu$ s'obtient par les formules habituelles. Il est de

divergence nulle : $\mathcal{V}^{\mu}{}_{|\mu} = 0$, dès que (5) est satisfaite. De même, on définit le tenseur énergie-impulsion symétrisé $t_{\mu\nu}$, et $t_{\mu}{}^{\nu}{}_{|\nu} = 0$. ψ et φ étant deux solutions de (5), le produit scalaire

$$\langle \psi \mid \varphi \rangle = \iiint_{\sigma} \mathcal{V}^{\lambda}(\bar{\psi}, \varphi)\, d\sigma_{\lambda}, \tag{6}$$

est indépendant de σ (du genre espace). Les fonctions de quatre variables solutions de (5) forment un espace de Hilbert (H.), où la métrique découle de (6).

On peut construire le vecteur d'état Ψ du système de champs envisagé comme indiqué dans nos Notes précédentes ([1]), ([2]), ([3]). Les fonctions d'onde superquantifiées, les relations de commutation, etc. s'obtiennent sans changement. Il convient de noter que les $S_{\alpha\beta}^{(x, x')}$ [*cf.* ([3]), éq. (4)] dépendent de la structure de l'espace-temps, comme les fonctions de base de (H), et la définition mathématique de Ψ lui-même.

L'équation d'évolution du vecteur d'état prend la forme bien connue :

$$i \frac{\delta \Psi}{\delta \sigma(x)} = \mathcal{H}(x)\Psi, \tag{7}$$

$\mathcal{H}(x)$, construit à partir des solutions de (5), dépend de la structure de l'espace-temps.

Reste à déterminer cette structure.

L'interprétation probabiliste de la Mécanique Quantique peut être envisagée de deux manières : ou bien, dans un espace-temps « physique » intangible et donné *a priori*, les corpuscules évoluent de façon aléatoire, ou bien c'est la matière qui constitue la base stable, et l'espace-temps apparaît comme une notion mathématique simple, construite par l'esprit pour rendre compte du comportement moyen des gros ensembles de corpuscules. La seconde conception nous paraît plus conforme à l'esprit de la Relativité généralisée que la première.

Elle nous conduit à poser

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \chi \langle \Psi \mid T_{\mu\nu} \Psi \rangle, \tag{8}$$

où $T_{\mu\nu}$ est la somme de tous les tenseurs $t_{\mu\nu}$ superquantifiés associés à tous les champs (sauf le champ de gravitation), $R_{\mu\nu}$ et R étant les tenseurs de courbure contractés bien connus.

(8) exprime que la source de la courbure de l'espace-temps est, en chaque instant-point, proportionnelle à la valeur moyenne de l'énergie-impulsion totale.

L'ensemble des équations (5), (7) et (8) constitue le système régissant l'évolution de l'univers. Aucune des équations (5), (7), ou (8) ne peut être intégrée séparément.

Dans (8), en effet, figurent les fonctions d'onde solutions de (5) et le vecteur

d'état solution de (7). Les équations (5) dépendent des coefficients de connexion $\Gamma_i{}^j{}_k$ qu'on peut déduire de l'intégration de (8). Dans (7) interviennent explicitement les fonctions d'onde de (5) et implicitement la métrique des hypersurfaces σ, qui s'obtient à partir des équations (8). Bien que les équations d'onde (5) soient linéaires en ψ, *l'ensemble de la théorie est non linéaire* : Ψ figure dans une forme quadratique au second membre de (8); $R_{\mu\nu}$ et R contiennent des produits des $\Gamma_i{}^j{}_k$ entre eux.

La représentation que nous venons de définir intègre le champ gravifique à la structure de l'espace-temps, sans chercher à le quantifier. Les équations (8) garantissent qu'il est bien tenu compte des effets macroscopiques de la gravitation, jusqu'ici les seuls observables. Tous les autres champs sont traités en représentation d'interaction. Le passage à la représentation de Heisenberg peut s'opérer, une fois les équations (5), (7) et (8) intégrées, par la transformation classique.

Conditions d'intégrabilité. — Pour que le système (5), (7), (8) soit intégrable, et que la solution ait un sens physique, il faut que :

1° $\Psi(\sigma_1)$ ne dépende que de la donnée initiale de $\Psi(\sigma_0)$ et non du choix des hypersurfaces σ intermédiaires.

2° La structure de l'espace-temps ne dépende pas, elle non plus, du choix de cette famille d'hypersurfaces.

3° (5), (7) et (8) soient compatibles avec la structure Riemannienne de l'espace-temps, donc que le tenseur de courbure vérifie les identités de Bianchi.

La première condition conduit, on le sait, à

$$[\mathcal{H}(x),\, \mathcal{H}(x')] = 0, \tag{9}$$

pour tout $x - x'$ du genre espace. (9) résulte des relations de commutation et du choix de $\mathcal{H}$.

La deuxième condition donne :

$$[\mathcal{H}(x),\, T_{\mu\nu}(x')]_{-} = 0, \tag{10}$$

pour tout $x - x'$ du genre espace.

Quant à la troisième condition, on peut vérifier que (10) et (8) entraînent:

$$\left(R_\mu{}^\nu - \frac{1}{2} g_\mu{}^\nu R\right)_{;\nu} = 0 \tag{11}$$

(11) est une conséquence des identités de Bianchi, qui se trouve ainsi être satisfaite. Elle exprime la conservation de l'énergie-impulsion. (10) traduit la même loi physique au niveau quantique. Cette relation conduit à éliminer la partie « non diagonale » de $\mathcal{H}(x)$. Cette opération, courante en théorie des champs, trouve ici sa justification rigoureuse.

(1) R. Potier, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 470.
(2) R. Potier, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 878.
(3) R. Potier, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1694.
(4) R. Potier, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1691.
(5) É. Cartan, *Leçons sur la géométrie des Espaces de Riemann*, Paris, 1928,
(6) É. Cartan, *Leçons sur la théorie des Spineurs* II, Paris, 1938, p. 81.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur les propriétés magnétooptiques des amines.* Note (*) de MM. **Fernand Gallais** et **Daniel Voigt**, transmise par M. Paul Pascal.

La contribution de l'azote aux rotations magnétiques des sept premiers termes des amines aliphatiques primaires, secondaires et tertiaires a été déterminée. Cette contribution est voisine de $18.10^{-2'}$ pour les amines primaires et secondaires, mais elle est très différente pour les amines tertiaires et atteint alors $40.10^{-2'}$.

Les quelques mesures d'effet Faraday qui ont été effectuées à ce jour sur les amines aliphatiques font apparaître une anomalie en ce sens que, si l'on conserve les contributions des atomes d'hydrogène et de carbone telles qu'elles se présentent en chaîne hydrocarbonée, il faut attribuer des modules différents à l'azote, selon qu'il s'agit d'une amine primaire, secondaire ou tertiaire (1). Cette observation repose sur fort peu de données numériques, puisque dans chaque série, seules les trois premières amines (méthyl-, éthyl-, propylamines) ont fait l'objet de mesures d'effet Faraday. Elles n'ont, en outre, pas toutes été étudiées par le même auteur. Il faut noter par ailleurs que les méthylamines, en raison de leur point d'ébullition très bas, ont été examinées soit à l'état de vapeur, soit à des températures inférieures à 0°, ce qui rend plus délicate leur comparaison avec les éthyl- et les propylamines. Enfin ayant été amenés à contrôler la rotation moléculaire de la triéthylamine qui est donnée dans les tables de constantes (2), nous avons trouvé une valeur qui en diffère de 3 % (3). Cette valeur a été confirmée pour des produits d'origine différente dont la purification avait été à chaque fois très soigneusement effectuée.

Toutes ces raisons nous ont incité à reprendre entièrement l'étude des propriétés magnétooptiques de ces composés et à effectuer des mesures sur un nombre suffisant d'amines primaires, secondaires et tertiaires : nos déterminations vont des dérivés éthylés aux dérivés heptylés. Nous avons utilisé seulement des composés normaux, pour éviter les effets secondaires dus aux ramifications des chaînes carbonées.

Les essais ont porté sur des échantillons de diverses origines commerciales. Chaque produit a été purifié par des distillations très soignées en présence de potasse et toutes les précautions ont été prises pour éviter son hydratation.

Les constantes magnétooptiques, qui ont été mesurées dans des conditions qui ont déjà été décrites (4), sont rassemblées dans le tableau ci-contre, qui comporte en outre dans chaque cas l'indication de la température t de ces

mesures, de la densité D_4^t et de l'indice de réfraction n^t. Indices et rotations sont donnés pour la radiation $\lambda = 0,578\ \mu$. On a désigné par ρ, $[\rho]$ et $[\rho]_M$ les constantes de Verdet, les constantes spécifiques et les constantes moléculaires. $[\rho]_N$ est la rotation atomique de l'azote combiné, rotation qui a été calculée en supposant que le carbone et l'hydrogène conservent les modules qu'ils présentent en chaîne hydrocarbonée, soit respectivement 12,7 et $6,1 \cdot 10^{-2}$ minutes. Enfin $[\Omega]_M$ désigne la rotativité ([5]), grandeur qui, on le sait, est indépendante de l'état physique, ce qui permet de rattacher les mesures faites à l'état gazeux à celles faites à l'état liquide. En outre, pour les substances qui avaient déjà fait l'objet d'une détermination, nous avons fait figurer, marquées d'un astérisque les valeurs antérieurement obtenues.

	t (°C).	D_4^t.	ρ (').	$[\rho]$ (').	$[\rho]_M$ (10^{-2} ').	$[\rho]_N$ (10^{-2} ').	n^t.	$[\Omega]_M$ (10^{-2} ').
CH_3NH_2....	–	–	–	–	–	–	–	49,9* gaz
$C_2H_5NH_2$...	0*	–	–	–	87,3*	18,9	–	72,2*
$C_3H_7NH_2$...	9,6*	–	–	–	112,1*	–	–	90,8*
	20,0	0,7165	0,01359	0,01897	112,1	18,7	1,3898	90,8
$C_4H_9NH_2$...	20,0	0,7391	0,01381	0,01868	136,6	18,2	1,4034	109,4
$C_6H_{13}NH_2$..	20,0	0,7649	0,01411	0,01845	186,6	18,2	1,4190	148,0
$C_7H_{15}NH_2$..	20,8	0,7904	0,01437	0,01819	209,9	16,5	1,4276	164,9
$(CH_3)_2NH$..	−10*	–	–	–	85,3*	16,9	–	70,8*
$(C_2H_5)_2NH$.	0*	–	–	–	137,2*	–	–	111,3*
	20,0	0,7061	0,01335	0,01890	138,2	19,8	1,3878	112,0
$(C_3H_7)_2NH$.	10,7*	–	–	–	185,6*	–	–	148,4*
	20,0	0,7426	0,01362	0,01834	185,6	17,2	1,4069	148,4
$(C_4H_9)_2NH$.	20,0	0,7611	0,01387	0,01822	235,5	17,1	1,4188	186,7
$(C_5H_{11})_2NH$.	20,0	0,7746	0,01409	0,01819	286,1	17,7	1,4263	225,7
$(C_6H_{13})_2NH$.	20,8	0,7890	0,01431	0,01813	336,1	17,7	1,4341	263,5
$(C_7H_{15})_2NH$.	21,0	0,7956	0,01437	0,01806	385,5	17,1	1,4393	301,3
$(CH_3)_3N$ ...	−10*	–	–	–	132,7*	39,2	–	111,7* gaz
$(C_2H_5)_3N$...	0*	–	–	–	202,8*	–	–	163,1* gaz
	20,0	0,7279	0,01504	0,02066	209,0	40,6	1,4012	167,8
$(C_3H_7)_3N$...	10*	–	–	–	287,0*	–	–	227,3*
	20,0	0,7569	0,01504	0,01986	284,5	41,1	1,4175	225,9
$(C_4H_9)_3N$...	20,0	0,7773	0,01505	0,01936	358,9	40,5	1,4287	282,8
$(C_5H_{11})_3N$..	20,0	0,7893	0,01508	0,01910	434,8	40,9	1,4363	340,0
$(C_6H_{13})_3N$..	20,7	0,7976	0,01504	0,01886	508,3	39,9	1,4413	396,7
$(C_7H_{15})_3N$..	20,9	0,8071	0,01511	0,01872	583,3	39,9	1,4477	453,0

INTERPRÉTATION. — 1° On vérifie tout d'abord que dans chacune des trois séries de composés ci-dessus, l'allongement des chaînes hydrocarbonées conduit à un accroissement très régulier des constantes moléculaires, chaque CH_2 apportant la contribution normale de $25 \cdot 10^{-2}$ min, sauf toutefois dans deux cas :

Monoheptylamine. — La constante, $209,_9.10^{-2}$ minutes, paraît un peu faible (on attendrait $211,_6$); toutefois nous avons constaté que l'échantillon dont nous disposions possédait un faible pouvoir rotatoire naturel, ce qui implique la présence d'isomères, et l'on sait que les chaînes ramifiées provoquent, par rapport aux chaînes droites, une diminution du pouvoir rotatoire magnétique des molécules.

Diéthylamine. — La rotation moléculaire semble trop élevée d'environ 3.10^{-2} minutes; ici nous ne pouvons que constater l'anomalie que paraît présenter ce composé, anomalie qui se retrouve d'ailleurs pour sa force basique ([6]), et pour les points de fusion de ses produits d'addition avec les halogénures de bore ([7]).

2° On observe que la contribution de l'atome d'azote se montre égale en moyenne à :

$18,1.10^{-2}$ mn dans les amines primaires;
17,6 » » » secondaires;
40,3 » » » tertiaires.

On peut en conclure que l'azote « secondaire » est pratiquement indiscernable de l'azote « primaire ». D'ailleurs, on constate que les amines primaires et secondaires isomères (monoéthyl- et diméthylamines, monobutyl- et diéthylamines, monohexyl- et dipropylamines) présentent des rotations moléculaires très voisines.

Par contre l'azote « tertiaire » se montre très différent des précédents et ce fait paraît difficile à interpréter à l'heure actuelle.

(*) Séance du 24 septembre 1956.

([1]) R. de Mallemann, *Ann. Phys.*, **17**, 1942, p. 360 et **18**, 1943, p. 56.

([2]) R. de Mallemann, *Constantes sélectionnées : Pouvoir rotatoire magnétique*, Paris, Hermann et Cie, 1951.

([3]) F. Gallais et R. Wolf, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 494.

([4]) F. Gallais et D. Voigt, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1292.

([5]) R. de Mallemann, *J. Phys. Rad.*, **7**, 1926, p. 295.

([6]) N. F. Hall et M. R. Sprinkle, *J. Amer. Chem. Soc.*, **54**, 1932, p. 3469.

([7]) C. A. Kraus et F. H. Brown, *J. Amer. Chem. Soc.*, **51**, 1929, p. 690.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la floculation des hydrosols par des mélanges d'électrolytes contenant un ion « stabilisant »*. Note de Mme **Ginette Watelle-Marion**, présentée par M. Eugène Darmois.

Il existe un antagonisme très accentué lorsque la floculation d'un hydrosol est provoquée par un mélange d'électrolytes contenant un ion pouvant stabiliser la micelle.

L'équation de Verwey, et la formule de Audubert relative au potentiel électrocinétique conduisent à une relation linéaire, qui rend compte du phénomène.

Lorsque la floculation d'un hydrosol est produite par un mélange d'électrolytes contenant un ion du signe de la micelle capable de s'incorporer superficiellement à son réseau cristallin, on observe un « antagonisme » très accentué, même lorsque les ions coagulants du mélange ont même valence. La courbe de la figure 1 représente ce phénomène produit par un mélange binaire d'électrolytes.

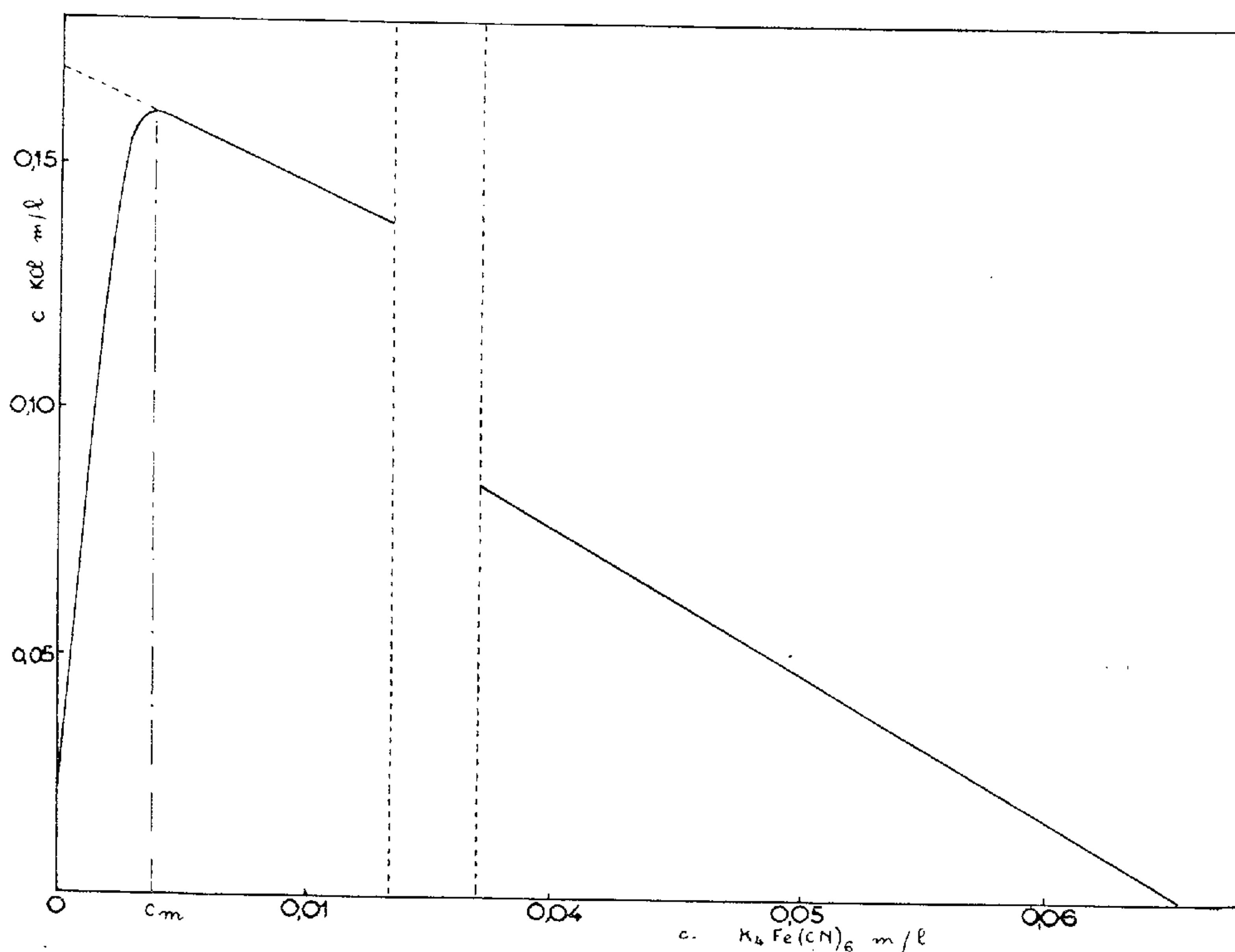


Fig. 1. — Courbe de floculation d'un hydrosol négatif de ferrocyanure de cuivre par le mélange $KCl + K_4Fe(CN)_6$

L'interprétation suivante fut proposée [1] :

L'ion « stabilisant » appartenant à l'un des électrolytes du mélange, adsorbé à la surface de la micelle colloïdale, en augmente la charge. Pour obtenir la floculation du sol il est donc nécessaire d'augmenter, dans le mélange, la concentration du second électrolyte (branche ascendante de la courbe). Le maximum de cette courbe correspond au maximum de la charge micellaire et la branche descendante schématise la floculation, par un mélange d'électrolytes, d'un sol de charge sensiblement constante.

Il est possible de confirmer par certaines preuves cette interprétation qualitative.

Verwey [2] a montré théoriquement et confirmé expérimentalement que l'adsorption ionique sur la surface d'une micelle colloïdale répondait à

l'équation

(1) $$x_i = K_1 + K_2 \log c_i,$$

x_i étant la concentration de l'ion adsorbé, c_i la concentration d'équilibre de cet ion dans le liquide intermicellaire, K_1 et K_2 des constantes.

D'autre part, R. Audubert (³), étendant la théorie de Debye aux systèmes dispersés a calculé la valeur ψ du potentiel électrocinétique

$$\mu = \frac{E}{Da} \frac{1}{1 + Aa\sqrt{\mu}},$$

E étant la charge de la micelle, D la constante diélectrique, a le rayon du granule et A une constante. La force ionique μ est égale à $\Sigma c_i Z_i^2$, c_i étant la concentration de chaque espèce d'ion et Z_i sa valence.

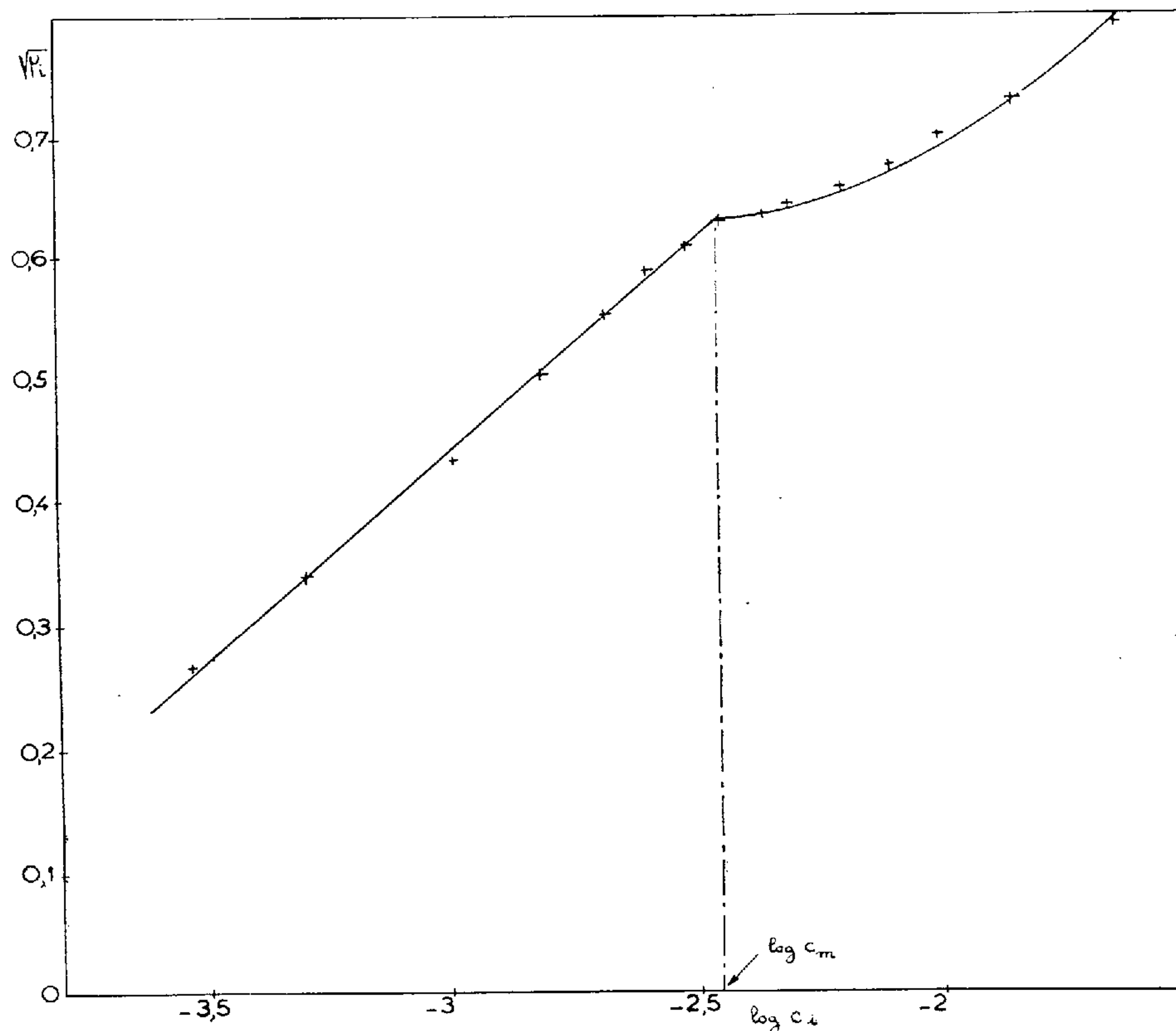


Fig. 2. — Relation entre $\sqrt{\mu_i}$ et $\log c_i$ tirée des données expérimentales de la figure 1.

De plus il a été montré par F. Powis (⁴) et R. Audubert que la floculation d'un sol se produit lorsque le potentiel électrocinétique de la couche double entourant la micelle atteint une valeur critique ψ_0.

On peut écrire, lorsque la floculation est produite par un mélange élec-

trolytique de force ionique μ_i,

$$\psi_0 = \frac{E_i}{Da} \frac{1}{1 + Aa\sqrt{\mu_i}},$$

avec $E_i = x_i e Z$, où e est la charge de l'électron et Z la valence de l'ion adsorbé

$$(2) \qquad x_i = \frac{\psi_0 Da}{eZ}(1 + Aa\sqrt{\mu_i}) = k_1 + k_2\sqrt{\mu_i}.$$

Les équations (1) et (2) montrent l'existence d'une relation linéaire entre $\sqrt{\mu_i}$ et $\log c_i$.

La courbe de la figure 2, calculée à partir des valeurs de floculation d'un hydrosol négatif de ferrocyanure de cuivre par le mélange $KCl + K_4Fe(CN)_6$ vérifie l'existence de cette relation linéaire entre $\sqrt{\mu_i}$ et $\log c_i$, mais seulement pour les valeurs de $c_i < c_m$. Ceci est normal, car la concentration c_m de ferrocyanure de potassium est justement la valeur de l'abscisse du maximum de la courbe I. A partir de cette valeur, la relation linéaire entre $\sqrt{\mu_i}$ et $\log c_i$ ne doit plus être attendue : le ferrocyanure de cuivre colloïdal ayant atteint son maximum de stabilité, l'adsorption ne joue plus aucun rôle.

Les valeurs caractéristiques de floculation, correspondant à ce nouveau sol, sont 0,0656 m/l pour $K_4Fe(CN)_6$ et 0,169 m/l pour KCl (valeur obtenue en prolongeant la branche descendante de la courbe I jusqu'à l'axe des ordonnées).

Les résultats numériques du tableau nous permettent de constater que la participation au phénomène, de chaque espèce d'ions floculants, s'exprime par le rapport de son activité a'_i dans le mélange, à son activité floculante individuelle a_i. L'expression $\Sigma a'_i/a_i \cong 1$, valable tout le long de la branche descendante de la courbe I est la preuve que la nature des ions ne joue plus aucun rôle dans la floculation ([5]).

Activité m/l.	$K^+[K_4Fe(CN)_6]$...	0,00363	0,00460	0,00688	0,01207	0,01710
	$K^+[KCl]$........	0,09021	0,08625	0,07714	0,05433	0,03762
$\sum \frac{a'_i}{a_i}$	....	0,99	0,99	1,00	0,98	1,02

Un travail identique, relatif à la floculation d'un sol d'hydroxyde ferrique par le mélange HCl + KCl, permet d'aboutir aux mêmes conclusions. Ceci confirme l'hypothèse qu'une absorption ionique, conforme à l'équation de Verwey, est la cause de l'antagonisme observé, et met en évidence le rôle important que joue dans le phénomène de floculation le potentiel électrocinétique de la double couche ionique entourant la micelle.

(1) B. F. OUST'KATCHKINZEV, *Koll. J. U. R. S. S.*, 15, n° 5, 1953, p. 394.
(2) E. J. W. VERWEY et H. R. FRUYT, *Z. Physik. Chem. A.*, 167, 1933, p. 149.
(3) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 210; *J. Chim. Phys.*, 30, 1933, p. 89.
(4) *Z. Physik. Chem.*, 89, 1915, p. 186.
(5) Y. DOUCET et G. WATELLE, *J. Chim. Phys.* n° 1, 52, 1955, p. 65-76.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Aspects cinétiques de l'évolution du système cérium-hydrogène.* Note de (*) MM. **Halim J. Albany** et **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Paul Pascal.

Différents auteurs ont observé que l'absorption de l'hydrogène par certains métaux du groupes des Terres Rares, en présence d'un excès du réactif gazeux, est caractérisée du point de vue cinétique par une courbe d'allure sigmoïde ([1]), ([2]). Il apparaît que ce caractère général résulte, d'une part de l'accroissement initial des voies d'accès à la masse du solide par l'évolution des zones superficielles des cristallites, d'autre part du processus même de diffusion des atomes d'hydrogène à l'intérieur du réseau métallique, dilaté par suite de l'hydruration.

Dans les conditions banales de préparation des hydrures de Terres Rares, il paraît justifié d'attribuer l'autoaccélération qui caractérise l'hydruration brutale à un accroissement rapide des surfaces d'accès résultant de déchirures dans la zone d'hydruration, sous l'effet de contraintes s'exerçant soudainement. C'est à l'existence préalable de telles fissures dans un métal que Smith attribue la réactivité accrue de certains échantillons ([3]).

D'une manière générale, l'évolution de la transformation dépend dans une large mesure de facteurs difficiles à maîtriser, tels que l'état de surface du métal, sa pureté et sa microcristallinité. Ainsi l'hydruration du cérium a pu être observée dès la température ambiante, mais souvent il est apparu nécessaire d'opérer à une température plus élevée pour que l'absorption ait lieu. Sieverts et Muller-Goldegg ont établi, d'autre part, que la nitruration partielle d'échantillons de cérium et de lanthane retarde l'absorption et la diminue, tout en imprimant à la réaction une évolution plus lente ([1]). Il est à peu près établi, par ailleurs, qu'un effet analogue peut découler de l'oxydation, même si elle n'est que superficielle.

Dans des expériences sur le lanthane, Dreyfus-Alain a observé l'effet du contact préalable à froid entre le métal et l'hydrogène sur la réactivité des échantillons ([4]). Des expériences nouvelles, effectuées sur du cérium, ont permis d'observer que dans des conditions analogues la réaction est contrôlée essentiellement par un processus de diffusion. Dans l'une de ces expériences, un échantillon du métal a été maintenu sous vide, d'abord à température ambiante pendant 5 à 6 h, puis à 250-300° C, pendant un temps égal; ensuite des additions successives de faibles quantités d'hydrogène ont été faites à 300° C, en attendant à chaque fois l'arrêt de l'absorption. Le taux d'hydrogène fixé était alors de 0,32 at. H/at. Ce. L'échantillon fut ensuite mis en présence d'hydrogène sous une pression de 15,35 cm Hg; l'absorption s'est poursuivie à température ambiante, et l'on notait 0,4 at. H/at. Ce au bout de 20 h. A la 40e heure, le taux de

gaz absorbé était de 1,5 at. H/at. Ce; au-delà de cette teneur on notait un ralentissement progressif de la réaction; au bout de 15 jours environ, l'absorption était de 1,92 at. H/at. Ce.

Une évolution encore plus lente fut observée à 100° C, pour l'hydruration d'un échantillon de métal maintenu d'abord sous vide dans les mêmes conditions que le précédent, puis mis en présence d'hydrogène ($p = 13,39$ cm Hg) pendant 10 jours à la température ambiante et 3 jours à 65° C. Jusqu'à ce stade l'absorption est presque négligeable. A 100° C, l'évolution de la réaction devient plus rapide, sans qu'à aucun moment la vitesse de l'absorption présente un accroissement aussi important qu'au cours de l'expérience précédente. Au bout de 300 h, l'absorption globale n'est que de 0,32 at. H/at. Ce, et elle n'approche 1,94 at. H/at. Ce qu'après plus d'un mois.

Il nous apparaît qu'une telle évolution du système correspond à une déformation quasi plastique du réseau cristallin, analogue à celle qui a déjà été invoquée lors de l'étude radiocristallographique de l'hydrure de lanthane [4]. Cette quasi plasticité paraît corrélative à un effet d'accommodation lente des zones d'accès superficielles, en présence du gaz; la vitesse de la réaction doit alors être conditionnée, non seulement par le gradient de concentration des atomes d'hydrogène à travers la masse solide, mais encore par les modifications réticulaires dans les régions hydrurées et dans la zone d'hydruration.

Un tel mode d'évolution, qui peut être imposé par un choix approprié des conditions expérimentales, est de nature à faciliter l'étude de ces facteurs, dans la mesure où ce choix contribue à l'élimination du rôle joué par la texture résultant de l'état de contrainte préalable du métal.

(*) Séance du 6 août 1956.

(1) SIEVERTS et MULLER-GOLDEGG, *Z. Anorg. Chem.*, 131, 1923, p. 65.

(2) R. VIALLARD, *Ann. Chimie*, 20, 1945, p. 4.

(3) D. P. SMITH, *Hydrogen in Metals*, The University of Chigago Press, 1948.

(4) B. DREYFUS-ALAIN, *Ann. Physique*, (XII), 10, 1955, p. 305.

ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE. — *Photomètre simple dans l'ultraviolet applique à l'analyse physique et chimique.* Note de M. **ALAIN BERTON**, présentée par M. Paul Lebeau.

Certaines analyses chimiques ou physiques de contrôle ne nécessitent pas l'emploi d'un spectrophotomètre ultraviolet complet, mais peuvent s'effectuer à l'aide de photomètres simples, non dispersifs, et beaucoup moins onéreux, à l'instar d'appareils analogues que nous avons récemment mis au point dans le domaine infrarouge [1].

A notre connaissance, de tels photomètres dans l'ultraviolet n'existent pas en France.

Le modèle que nous avons adopté a l'avantage de pouvoir se monter même au laboratoire.

La *source* est une lampe à décharge électrique dans la vapeur de mercure, de zinc ou de cadmium, suivant le produit à doser. Le faisceau ultraviolet émis (filtré ou non) traverse l'échantillon examiné (gaz, liquide ou solide), puis tombe sur une cellule photoélectrique au césium-antimoine, reliée directement, sous une tension de 12 V, à un galvanomètre très sensible.

L'énergie lumineuse étant très grande, l'amplification du courant photoélectrique produit n'est pas nécessaire pour la plupart des analyses, ce qui simplifie le montage.

Les mesures sont reproductibles, selon les cas, entre les limites $\pm$ 0,5 et $\pm$ 5 %.

Suivant le maximum de la bande d'absorption ultraviolette du produit à doser, on aura le choix entre les longueurs d'ondes suivantes :

Cadmium : 3 261 et 2 288-2 265 Å, ces deux dernières se trouvant dans l'ultraviolet extrême, comme la raie 2138 Å du *zinc* (autres raies principales : 2 558, 2 582, 2 608, 2 771, 2 800, 3 035, 3 072, 3 345 Å); pour le *mercure* : 2 536, 2 652, 3131, 3125, 3 650 Å.

Les dosages supposent que, seule, la concentration du corps absorbant varie dans le mélange étudié ou que les autres composants possèdent une transparence constante dans le domaine ultraviolet prospecté. Ce n'est que dans ces cas que les analyses quantitatives peuvent avoir une signification, le photomètre étant alors utilisé comme *un appareil de contrôle de mélanges bien déterminés.* C'est ainsi que l'on pourra suivre la purification d'une substance par son augmentation de transparence, si les impuretés sont absorbantes.

La méthode s'applique au dosage de *vitamines*, d'*hormones*, d'*antibiotiques* en solution; d'*hydrocarbures aromatiques*, d'*acétates*, de *cétones*, de *certains dérivés chlorés*, etc. dans des solvants industriels ou même dans l'air des ateliers. Nous avons de la sorte, en utilisant l'émission du cadmium, dosé le *trichloréthylène* ou le *perchloréthylène*, composés toxiques, directement dans l'air, sous une épaisseur de 20 cm. La limite de sensibilité est de 5 μg par 50 cm^3 d'air, soit 100 μg/l, dix fois moins que la limite supérieure admissible dans l'air des ateliers ([2]).

Cet exemple montre l'intérêt que peut présenter un tel appareil en hygiène industrielle.

En Chimie minérale, le photomètre peut s'appliquer au dosage de certains sels, comme les *nitrites*, les *nitrates*, et à l'analyse élémentaire par formation de complexes absorbants.

Enfin, il permet de vérifier les verres de lunettes devant arrêter l'ultra-

violet ainsi que de mesurer la transparence de filtres en matière plastique pour certaines longueurs d'ondes actiniques.

(1) A. BERTON, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 477; *Peintures, Pigments et Vernis*, 30, 1954, p. 998. *Mémoires du XVIIe Congrès du G. A. M. S.*, 1954, p. 413.
(2) A. BERTON, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 16, 1949, p. 858.

MÉTALLOGRAPHIE. — *L'effet de cycles répétés de part et d'autre du point de transformation* A_3, *sur la structure de barreaux de fer fritté et de fer compact.* Note de MM. **GEORGES CIZERON** et **PAUL LACOMBE**, présentée par M. Georges Chaudron.

Lors de nos études antérieures sur l'évolution structurale de compacts de fer carbonyle frittés sous atmosphère d'hydrogène pur, nous avions constaté l'importance considérable jouée par un seul passage en phase γ sur la poursuite du frittage ultérieur en phase α (1). C. Haussner (2) ayant signalé que les cycles répétés de part et d'autre du point A_3 sur des compacts de fer électrolytique provoquaient un grossissement du grain et une diminution du nombre de pores, il était intéressant de voir si ce résultat pouvait être généralisé au cas de la poudre de fer carbonyle.

Nous avons observé en fait que les échantillons de fer fritté subissaient des modifications de formes et de dimensions importantes au bout d'un nombre de cycles répétés : outre une augmentation sensible de longueur dans le sens du gradient de température imposé par le four, analogue à celle observée par P. Lehr (3) sur du métal compact, nous avons constaté une altération importante de la surface qui présente des boursouflures ou des creux de dimensions macroscopiques.

On pouvait objecter que ces altérations de la surface étaient dues à la formation de porosités sous-jacentes non résorbées par le frittage et exagérées par les cycles. C'est pourquoi nous avons tenté de comparer le comportement d'échantillons frittés à celui d'échantillons prélevés dans du fer massif de diverses origines (4) en augmentant considérablement le nombre de cycles de part et d'autre de A_3. Chaque cycle correspond à une montée de température jusqu'à 930° suivi d'un refroidissement jusqu'à 890° à une vitesse telle que la durée d'un cycle complet soit d'une heure. Certains échantillons, sous forme de cylindres de 3 mm de diamètre et 20 mm de longueur ou de parallélépipèdes de même longueur et de section carrée de 3×3 mm, ont franchi jusqu'à 500 fois le point A_3.

Les résultats obtenus sont les suivants. Pour un nombre de cycles limité, on observe un allongement de l'éprouvette analogue à celui étudié en détail par Lehr (3). En augmentant le nombre de cycles au-delà de 50,

on observe en outre que les éprouvettes perdent progressivement leur forme géométrique initiale en raison de la formation et de la croissance de pointes se développant dans une direction sensiblement normale à l'axe primitif des éprouvettes. Ces excroissances (*fig.* 1), observées aussi bien

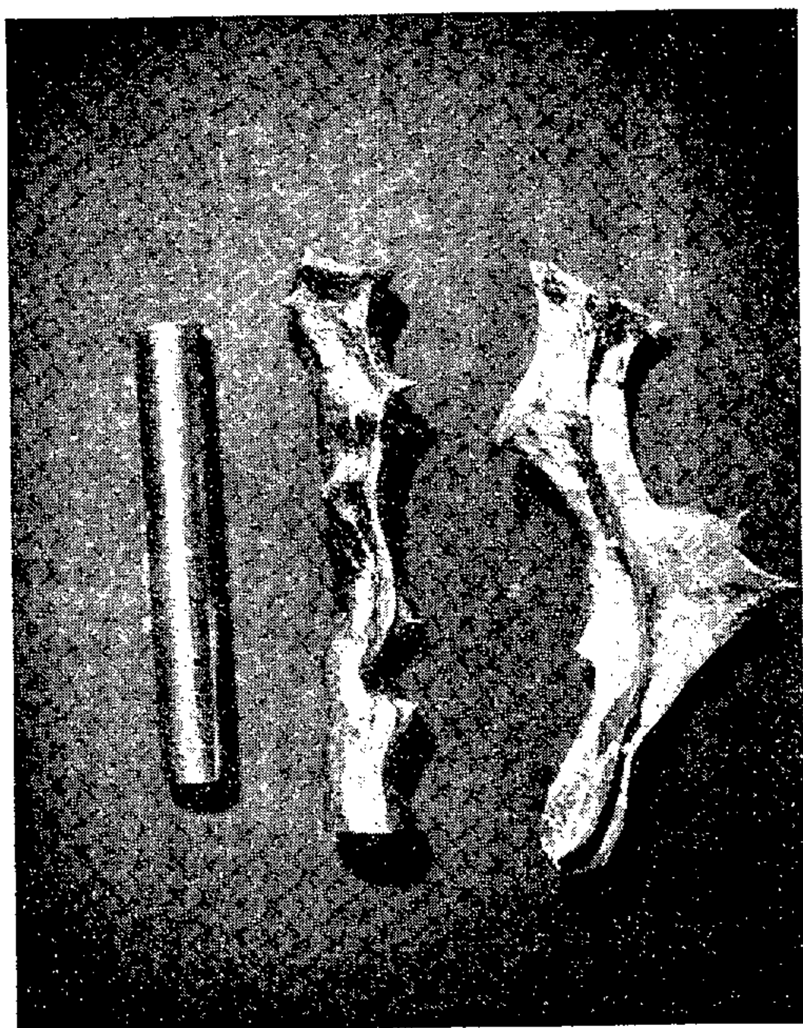


Fig. 1.



Fig. 2.

Fig. 1. — Formation de pointes et d'excroissances à la surface de barreaux de fer soumis à 500 cycles thermiques de part et d'autre de A_3.
a. Dimensions du barreau cylindrique avant les cycles; *b*. Même barreau après 500 cycles; *c*. Barreau de forme parallélépipédique après 500 cycles.
G = 1,5.

Fig. 2. — Structure polygonisée observée sur une section droite d'une excroissance. Observation en contraste interférentiel.
G = 600.

avec le fer Armco qu'avec des fers de plus grande pureté, sont d'autant plus longues que le nombre de cycles imposés et la pureté du métal sont plus grands. Elles peuvent atteindre 4 à 5 mm de longueur après 500 cycles. Les éprouvettes cylindriques présentent des pointes ayant sensiblement la forme de petits cônes qui se développent au hasard sur les parois du cylindre. Dans le cas des éprouvettes parallélépipédiques au contraire, toutes les pointes prennent naissance à l'aplomb des arêtes primitives des bases ou des faces latérales du parallélépipède. Dans ce dernier cas, les pointes ont une section plus aplatie suivant un plan parallèle à l'axe de l'éprouvette.

Un facteur apparaît prépondérant dans la formation des excroissances : aussi bien sur les éprouvettes de fer en poudre comprimé que de fer compact mises en forme par usinage, les pointes ne se forment que si le métal n'est pas soumis avant les cycles à un recuit plus ou moins prolongé en phase α. Si l'on soumet au contraire le métal à un recuit préliminaire même de 1 h à 890°, on n'observe plus de pointes de dimensions macroscopiques mais une infinité de très petites pointes.

L'examen par micrographie et par les rayons X suivant l'axe des pointes montre que leur extrémité est constituée par un monocristal très fortement polygonisé quelle que soit la pureté du fer (*fig.* 2).

Enfin un dernier fait très important apparaît : c'est la formation de pores de dimensions visibles à l'échelle soit microscopique, soit macroscopique, disposées au cœur de l'échantillon sensiblement à l'aplomb de chacune des pointes.

En conclusion, les fortes déformations plastiques accompagnant la transformation $\alpha \to \gamma$ du fer sont susceptibles de provoquer des transports de matière très importants comme le montrent les excroissances macroscopiques se développant à la surface des échantillons. Ces fortes déformations s'accompagnent également de la génération d'une quantité très élevée de dislocations comme le montrent la structure fortement polygonisée des échantillons et la formation de pores macroscopiques due à la sursaturation de lacunes.

(1) G. Cizeron et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 409.

(2) *J. Metals*, 4, 1952, p. 1039.

(3) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 204.

(4) Trois fers ont été comparés : fer doux type Armco purifié par traitement prolongé dans H_2, fer du Prof. Fast (laboratoire Philips à Eindhoven) et fer pur préparé au Bisra dont les impuretés principales étaient $C = 0{,}0028$; $Si = 0{,}0024$; $Al = 0{,}003$; $O_2 = 0{,}002$; $N_2 = 0{,}002$ et $S = 0{,}006$.

(5) W. Koster, *Archiv. Eisenhüttenwesen*, 14, 1940-1941, p. 271.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Orbitales 3d dans les liaisons enzyme-métal-substrat.* Note (*) de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les métaux utilisés en catalyse enzymatique peuvent être divisés en deux groupes principaux : 1° ceux qui ne possèdent pas d'orbites 3 *d* utilisables pour des liaisons hybrides, mais qui sont fortement électropositifs et forment des complexes essentiellement électrostatiques. Ce sont les éléments des premiers sub-groupes A (exemple : Mg, Al, Ca, Ba) et sub-groupes B (exemple : Zn). Les ions soit divalents soit trivalents de ces métaux qui ont un grand potentiel rédox peuvent jouer le rôle d'oxydant dans les catalyses biologiques. 2° Les

éléments qui possèdent des orbites 3 *d* contenant des électrons impairs. Après appariement de ces électrons, une ou deux orbites 3 *d* peuvent être libérées pour des liaisons de coordination. Tels sont les ions des éléments des derniers sub-groupes A (Mn), du groupe VIII tels que Fe, Co, Ni et des premiers sub-groupes B tels que Cu et Ag. Ils peuvent selon leur changement d'état de valence être réducteurs ou oxydants.

Remarque. — Les mots « donneur » et « accepteur » n'ont pas tout à fait le même sens quand on les emploie pour la formation de complexe de coordination et comme je les utilise dans les réactions d'oxydoréduction. Dans la formation du complexe de coordination le groupement dit « donneur » a une *paire libre* utilisable simplement dans la liaison mais qui lui revient en cas de dissociation.

Pour la réaction d'oxydoréduction qu'est la catalyse enzymatique il y a, comme je l'admets, effectivement passage *d'un électron* du « donneur » sur « l'accepteur » amorçant la dissociation du complexe, d'où changement transitoire de valence de l'ion métal. C'est ainsi que Co^{++} qui forme des complexes de coordination avec des agents chélatants possédant une paire libre pouvant occuper une des orbites de liaison (il joue donc dans ce complexe le rôle d'acceptateur d'une paire) devient réducteur, c'est-à-dire « donneur » d'un électron en présence d'un agent fortement électronégatif, provoquant le passage transitoire à un état de valence plus élevé.

I. Complexes électrostatiques. — Avec des ions métalliques ne donnant que des complexes électrostatiques parce qu'ils sont très fortement électropositifs et ne possèdent pas d'orbites 3 *d* vacantes, les agents chélatants ne doivent pas être trop polarisables pour donner des complexes stables. En effet avec des groupements faiblement électronégatifs, si le rayon ionique de l'ion central est petit, la charge de cet ion peut être neutralisée, ce qui cause une instabilité pour le complexe en même temps qu'une possibilité de catalyse par oxydation de l'agent chélatant, qui alors du point de vue catalyse, joue le rôle de substrat. Par conséquent un groupement fortement électronégatif (un noyau pyrrol par exemple) peut donner des liaisons assez stables quoique LogK petit. Au contraire avec des groupements faiblement électronégatifs il peut former des liaisons de logK plus élevé mais instables par le fait que l'agent chélatant peut neutraliser l'ion central. Le potentiel rédox de l'ion central peut provoquer une réaction catalytique d'autant plus que : 1° le potentiel rédox est élevé ; 2° le rayon ionique de l'ion métal activateur est petit. C'est ainsi que Ba^{++} qui a un potentiel rédox de 2,9 eV mais un rayon ionique de 1,43 Å est beaucoup moins actif de Mg^{++} dont le potentiel rédox est de 2,34 eV mais le rayon ionique de 0,78 Å. Cependant pour des molécules de substrat longues Ca^{++} peut être très actif (2,87 eV et 1,06 Å).

En résumé, les addenda, représentés par les groupements de l'enzyme qui forment avec l'ion métal le coenzyme, doivent être fortement électronégatifs,

alors que les substrats, sur lesquels ce coenzyme peut être actif, doivent être liés à l'ion métal par un groupement faiblement électronégatif.

Comme nous l'avions déjà établi (1) par les énergies de liaison, on doit avoir dans le complexe de transfert de charge enzyme-métal-substrat : $\text{Log}\,K_{\text{addenda}} < \text{Log}\,K_{\text{subs}}$.

II. Complexes de transition utilisant les orbitales $3d$. — Les ions actifs en catalyse biologique sont spécialement ceux dont la formation de complexes de coordinance provoque l'appariement des électrons $3d$. En effet les ions métalliques possédant, avant la formation de complexes, deux orbites $3d$ libres, donnent des complexes à orbites internes quelle que soit l'électronégativité du substrat et sans dépense d'énergie. Ils sont par ce fait inertes en catalyse biologique.

Le complexe enzyme-métal-substrat peut être au plus de coordination 4 avec la possibilité de passer à la coordination 6 en présence d'un substrat spécifique. Dans la formation du complexe de coordination 4 les groupements de liaison les plus électronégatifs créent l'hybridation tétraédrique sp^3, alors que les groupements de liaison faiblement électronégatifs favorisent l'hybridation carrée dsp^2.

Cas sp^3. — Dans le cas où le coenzyme forme un complexe d'hybridation sp^3, il y a possibilité de formation d'un complexe hexavalent $sp^3\,d^2$ avec des substrats suffisamment électronégatifs, cependant il s'exercera entre addenda et substrat une répulsion rendant ce complexe instable.

Avec des substrats faiblement électronégatifs peuvent se former des complexes octaédriques d^2sp^3. Mais si le substrat approche suffisamment de l'ion central (substrat petit, rayon de l'ion central court) il dépendra d'un potentiel rédox assez grand pour qu'il y ait transfert d'un électron du substrat sur l'ion central amorçant la réaction catalytique. Pour montrer qu'il y a bien réduction transitoire de l'ion central dans les réactions d'oxydation enzymatique, étudions les réactions de la catalase et de la péroxydase au cours desquelles on a fait des mesures magnétiques (2). Le coenzyme est constitué par $Fe^{++}(py)_4$, le moment magnétique indique 5 électrons impairs (complexe sp^3). Catalase : 1° En présence de H_2O_2 : 3 électrons impairs correspondant à l'appariement de deux électrons $3d$; 2° Puis 2 électrons impairs. Or il n'est pas possible d'apparier 3 électrons pour qu'il en reste 2. D'autre part en présence d'un oxydant, une seconde molécule H_2O_2 ne peut intervenir que comme réducteur en déplaçant une molécule $O=O$. Donc en présence de deux molécules de H_2O_2 il se produit d'abord un complexe ferreux d^2sp^3 par passage d'un électron du substrat sur l'ion central. 3° La formation de $O=O$ provoque la dissociation du complexe en l'oxydant, d'où retour à l'état enzyme à 5 électrons $3d$. La réaction péroxydasique est comparable mais la seconde molécule H_2O_2 est remplacée par un réducteur qui se lie à O.

En présence de CO, il se forme un complexe diamagnétique stable avec la

catalase; ici le substrat est donneur d'une paire pour liaison de coordinance après appariement des électrons $3d$ (*figure*).

Cas dsp^2. — Quand l'ion métal est lié à des groupements faiblement électronégatifs de l'enzyme, le coenzyme donne un complexe carré dsp^2. En présence d'agents chélatants faiblement électronégatifs il peut donner un complexe d^2sp^3 stable. En présence d'un dipôle tel qu'un aminoacide, le champ créé par le

électrons 3 d de Fe^{+++} dans catalase et péroxydase

catalase - H2O2, peroxydase - H2O2

catalase - 2H2O2, péroxydase - H2O2 - HR

catalase réduite + 2 CO

groupement fortement électronégatif va tendre à faire passer le complexe dsp^2 à l'hybridation $sp^3\,d^2$ par promotion d'un des électrons $3d$ vers une orbitale $4d$ de plus grande énergie. Si le potentiel rédox est suffisamment négatif, un des électrons $4d$ sera capté par le substrat, d'où changement de valence de l'ion central.

Ceci n'est possible que si le complexe carré est suffisamment paramagnétique pour qu'il y ait formation de liaisons avec un agent chélatant supplémentaire. C'est ainsi que les complexes dsp^2 de Mn^{++} avec un moment de 3,9 μ et de Co^{++} avec 1,7 μ peuvent donner des complexes octaédriques avec deux substrats ou un agent chélatant à partir du coenzyme carré; il n'en est plus de même pour Cu^{++} et Ni^{++} dont les complexes carrés sont diamagnétiques.

Les groupements de l'enzyme qui donnent avec l'ion métal un coenzyme carré plan sont faiblement électronégatifs, d'où un LogK grand alors que l'agent chélatant fortement électronégatif donne un LogK petit. D'où (1) $\log K_a > \log K_s$.

Cas particuliers. — Cu^{++} a un seul électron impair, s'il est lié à deux agents chélatants, avec des groupements de liaisons d'électronégativités différentes il pourra y avoir équilibre instable entre un état dsp^2 cuprique et un état sp^3 cupreux, pouvant amorcer une réaction catalytique entre les substrats en liaison avec l'ion central (1).

Même phénomène pour Ni^{++} en présence d'oxygène.

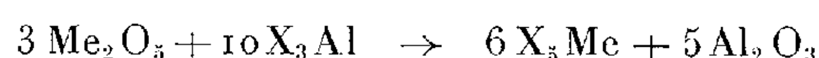
(*) Séance du 17 septembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2003.

(2) H. Theorell et Ehrenberg, *Arch. Bioch. and Bioph.*, 41, 1952, p. 442-461.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du chlorure et du bromure d'aluminium sur les pentoxydes de niobium et de tantale.* Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons signalé, dans une Note précédente (1), que l'iodure d'aluminium réagit, sous vide, à 230° sur les pentoxydes de niobium et de tantale. Les composés que nous avons isolés sont le pentaiodure de tantale, le triiodure de niobium et l'oxyiodure de niobium. Par analogie, il nous a paru intéressant d'étudier l'action du chlorure et du bromure d'aluminium sur ces mêmes pentoxydes. Le procédé utilisé consiste à chauffer, dans un tube en verre pyrex scellé sous vide, un mélange d'oxyde et d'halogénure d'aluminium en quantités calculées pour que ce dernier entre intégralement en réaction selon le schéma suivant :



$$3\,Me_2O_5 + 10\,X_3Al \rightarrow 6\,X_5Me + 5\,Al_2O_3$$

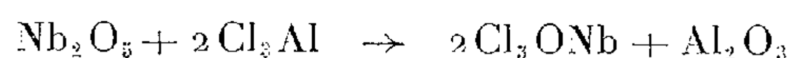
où



$$Me = Nb \text{ ou } Ta \quad \text{et} \quad X = Cl \text{ ou } Br.$$

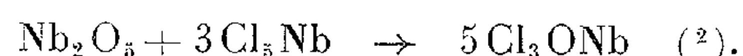
Le chlorure et le bromure d'aluminium employés ont été préalablement purifiés par sublimations sous vide.

Action du chlorure d'aluminium. — Plusieurs expériences ont été faites avec le pentoxyde de niobium à 230, 300 et 400°. Dans tous les cas, après 48 h de chauffage, le contenu du tube était coloré en jaune. En le soumettant à la sublimation fractionnée entre 200 et 240°, on peut en séparer : tout d'abord quelques cristaux de trichlorure d'aluminium en excès, ensuite des cristaux jaunes décomposables à l'air humide en acide chlorhydrique et pentoxyde de niobium, répondant à la formule du pentachlorure de niobium (Cl_5Nb, calculé %, Nb 34,39; Cl 65,61; trouvé %, Nb 34,19; Cl 65,86). Enfin, un feutrage abondant de cristaux blancs dont l'analyse correspond à un oxychlorure de niobium (Cl_3ONb, calculé %, Nb 43,15; Cl 49,41; trouvé %, Nb 42,41; Cl 49,81). La vitesse de réaction croît de 230 à 400°; à cette dernière température, le rendement en pentachlorure est de l'ordre de 30 % alors que celui de l'oxychlorure est plus élevé. La formation simultanée de ces deux composés est explicable par la superposition de réactions telles que :



$$Nb_2O_5 + 2\,Cl_3Al \rightarrow 2\,Cl_3ONb + Al_2O_3$$

et



$$Nb_2O_5 + 3\,Cl_5Nb \rightarrow 5\,Cl_3ONb \quad (2).$$

Le mélange de pentoxyde de tantale et de chlorure d'aluminium a été chauffé à 400° pendant 48 h. Après refroidissement, le contenu du tube est formé de microcristaux aciculaires de couleur jaune pâle qui, par

sublimation à 200°, abandonnent des traces de trichlorure d'aluminium. Une deuxième sublimation, à 250°, fournit un composé jaune orangé parfaitement cristallisé, ayant la composition du pentachlorure de tantale (Cl_5Ta, calculé %, Ta 50,50; Cl 49,50; trouvé %, Ta 50,71; Cl 50,07). Après séparation totale du chlorure de tantale, le résidu est entièrement formé d'alumine.

Action du bromure d'aluminium. — Les mélanges d'halogénure et de pentoxyde ont été, dans les deux cas, chauffés pendant 24 h à 200°. On observe, au cours de cette préparation, un très faible dégagement de brome, qu'on peut éliminer à 140° ainsi que le tribromure d'aluminium en excès. Finalement, on trouve, en chauffant à 240°, d'une part un sublimé de pentabromure de niobium sous forme de cristaux rouge grenat pouvant atteindre 1 cm de long (Br_5Nb, calculé %, Nb 18,87; Br 81,13; trouvé %, Nb 18,80; Br 80,33); d'autre part le pentabromure de tantale sous forme de belles aiguilles orangées de 2 à 3 mm (Br_5Ta, calculé %, Ta 31,16; Br 68,84; trouvé %, Ta 31,56; Br 69,20).

En résumé, nous avons montré qu'il est possible de préparer aisément le pentachlorure de tantale et les pentabromures de niobium et de tantale anhydres par action des halogénures d'aluminium correspondants sur les oxydes. Remarquons toutefois que l'action du chlorure d'aluminium sur le pentoxyde de niobium conduit à la formation simultanée d'oxychlorure de niobium dont la séparation ultérieure du pentachlorure de niobium se présente comme dans le cas du procédé Oerstedt.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 263.
(2) H. Sainte-Claire Deville et L. Troost, *Comptes rendus*, 64, 1867, p. 294.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau procédé d'extraction du gallium.* Note (*) de M. **Pierre de la Bretèque**, présentée par M. Louis Hackspill.

Toutes les bauxites françaises renferment une faible proportion de gallium. Il serait possible de récupérer ce métal, au cours de la préparation de l'alumine pure par le procédé Bayer, en utilisant une électrolyse avec cathode de mercure.

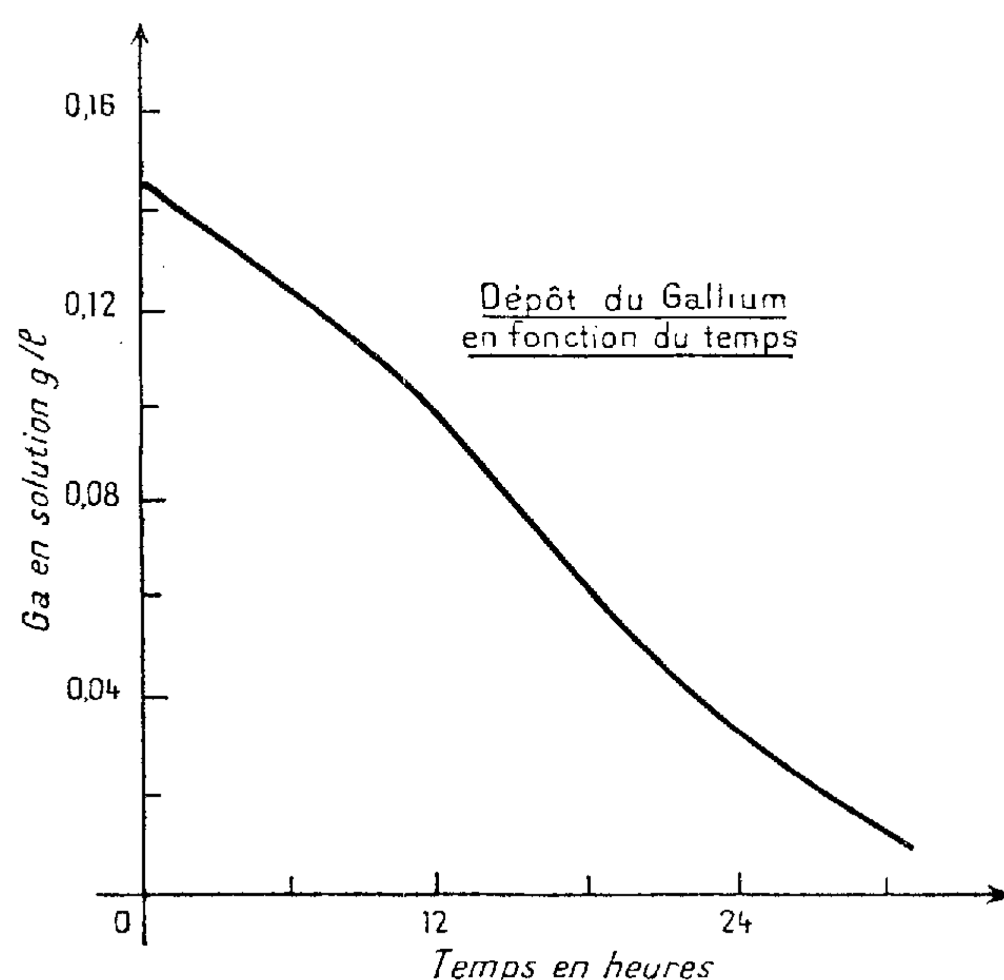
Les bauxites renferment de l'alumine, de l'oxyde de fer et quelques pour-cent de silice. On y rencontre également des oligoéléments, en particulier de 0,002 à 0,01 % de gallium. Au cours de l'extraction de l'alumine, les liqueurs d'attaque dissolvent le gallium et s'enrichissent peu à peu en cet élément : alors que dans le minerai le rapport pondéral Al/Ga est d'environ 4 000, il peut atteindre ainsi dans ces solutions des valeurs de l'ordre de 200.

L'extraction du gallium de ces eaux mères a intéressé un certain nombre de chercheurs et plusieurs procédés ont été proposés pour le récupérer (¹). Mais ces procédés altèrent plus ou moins les solutions, entraînant des pertes de soude et d'alumine et rendent ainsi onéreux le gallium obtenu.

Nous avons pu établir, par la voie électrochimique, une nouvelle méthode pour extraire le gallium de ces liqueurs-mères sans les altérer. Malgré leur richesse relative en gallium, ces solutions ont une concentration trop faible — 0,1 à 0,2 g/l de Ga — pour permettre un dépôt électrolytique direct de ce métal. Mais il est possible, dans des conditions tout à fait particulières, d'obtenir un dépôt sur le mercure, d'où il sera facile d'extraire ensuite le gallium. Voici les conditions essentielles de cette électrolyse (²) :

1° Les solutions à traiter sont placées dans un récipient cylindrique dont le fond est garni d'une couche de mercure de quelques millimètres d'épaisseur, constituant la cathode; une anode de nickel plonge dans la solution.

2° Le potentiel de la cathode doit être — en valeur absolue — d'au moins 1,9 V par rapport à l'électrode à hydrogène, ce que l'on obtient par l'application d'une densité de courant à la cathode de 0,5 A/dm², avec une tension aux bornes de 4 V environ.



3° La cathode de mercure doit être agitée énergiquement, sans cependant aller jusqu'à l'émulsion. Il ne s'agit pas là d'un battage ou d'un brassage, mais plutôt d'un balayage très énergique. On peut parvenir à ce résultat au moyen d'un agitateur en forme de T renversé, la partie horizontale formée d'une baguette cylindrique d'un diamètre de 1 cm

étant à demi immergée dans le mercure. La longueur de cette partie horizontale devra être d'environ 0,7 fois le diamètre du récipient, et la vitesse de rotation telle que l'on ait environ.

$$r\omega^2 = 400 \text{ C. G. S.}$$

4° Il y a intérêt à séparer, au moyen de diaphragmes, le liquide oxydé qui entoure les anodes du reste de l'électrolyte; on peut employer pour cela des sacs en forte toile, qui ont l'avantage d'offrir peu de résistance au passage du courant.

5° Enfin la température doit être aussi près que possible de 50° C.

Le gallium se dépose sur le mercure avec un rendement, par rapport à la quantité d'électricité dépensée, d'environ 5 %. Comme on peut le voir sur le graphique, ce dépôt semble indépendant de la concentration en gallium de l'électrolyte, et sensiblement proportionnel au temps jusqu'à épuisement de la solution.

On obtient ainsi non un amalgame, car la solubilité du gallium dans le mercure est très faible ([3]), mais probablement une dispersion. On peut ainsi accumuler jusqu'à environ 1 % en poids de gallium dans le mercure.

Indépendamment du dépôt du gallium sur le mercure on obtient un dépôt d'un peu de silicium, ainsi que des réactions de réduction par l'hydrogène naissant sur la cathode : le vanadium en solution est notamment précipité, sous la forme d'un composé qui semble être un hypovanadate d'aluminium, ce qui permet de récupérer des composés vanadifères plus riches que les produits habituellement récupérés (teneur en V de 30 à 40 %, absence de As et P nuisibles pour les aciers). D'autre part, les solutions d'aluminate de soude ressortent du traitement épurées, ce qui peut permettre par la suite d'obtenir une alumine plus pure.

L'utilisation d'une cathode de mercure agitée a déjà été préconisée pour des séparations analytiques en milieu acide. Mais il semble que l'on ne se soit pas attaché à l'étude des conséquences de la nature de cette agitation. Nous pensons que l'électrolyse avec cathode de mercure, pratiquée dans les conditions particulières d'agitation que nous venons de décrire, constitue un moyen de réduction extrême qui pourrait être appliqué à d'autres cas. Ici notamment nous obtenons une réduction des ions V^{5+} en milieu très alcalin, ce qui semble impossible par d'autres moyens. Si l'on s'écarte des conditions que nous venons de décrire, non seulement le dépôt du gallium ne se produit plus, mais la précipitation du vanadium et les autres phénomènes signalés disparaissent également.

L'application de ce procédé à l'échelle industrielle entraînera une diminution très sensible du prix actuel du gallium. Ceci devrait constituer un encouragement pour tous ceux qui ont travaillé à des utilisations de ce métal, et qui en général ont été rebutés par son prix trop élevé.

(*) Séance du 24 septembre 1956.

(1) *Voir* notamment les brevets français nos 969.033 (Pechiney, 1950) et 1.079.718 (Pechiney, 1951) et le brevet U. S. A. nos 2.598.777 (Alumin. Cy. of America, 1952).

(2) P. DE LA BRETÈQUE, *Études sur le gallium en vue de son extraction au cours de la fabrication de l'alumine*, Lausanne, Imprimerie Vaudoise, 1955.

(3) N. A. PUSCHIN, S. STEPANOVIC et V. STAJIC, *Z. anorg. allg. Chem.*, **209**, 1932, p. 329.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Premières études sur la structure chimique d'un nouvel antibiotique, la congocidine*. Note (*) de M. **Marc Julia** et Mlle **Nicole Joseph**, présentée par M. Marcel Delépine.

La congocidine $C_{18}H_{26}O_3N_{10}$ est progressivement dégradée par les alcalis. On obtient d'abord une base $C_{15}H_{20}O_3N_6$, de l'ammoniac et de la glycocyamidine (HN=C(NH)NHCH₂CO, cycle). Puis la base en N_6 est elle-même hydrolysée en donnant de l'ammoniac et un composé amphotère $C_{15}H_{19}O_4N_5$ qui donne à son tour par dégradation plus poussée de la β-alanine et un autre composé amphotère $C_{12}H_{14}O_3N_4$.

La congocidine est un antibiotique produit par un streptomyces et décrit pour la première fois par Cosar, Ninet, Pinnert-Sindico et Preud'homme (1) qui attribuèrent au chlorhydrate la formule $C_{10}H_{21}O_3N_5$, ClH. Plus tard, Despois et Ninet (2) préférèrent $C_{17}H_{25}O_2N_9$, 2 ClH. L'étude de sa structure a été entreprise (3).

Les dérivés de la congocidine qui ont été étudiés fixent très énergiquement de l'eau, ce qui rend leur analyse difficile. On a indiqué ici leurs points de fusion instantanée (bloc), mais ils sont très peu nets et accompagnés de décomposition. La formule actuellement adoptée pour la base est $C_{18}H_{26}O_3N_{10}$.

Sels de congocidine. — *Le chlorhydrate* a été purifié par précipitation à l'acétone de ses solutions aqueuses et séché (20°, 0,5 mm, P_2O_5), F 228° ($C_{18}H_{26}O_3N_{10}$, 2 ClH, 2,5 H_2O, calculé %, C 39,42; H 6,06; N 25,54; Cl 12,93; H_2O 8,20; trouvé %, C 39,62; H 6,23; N 25,82; Cl 12,83; H_2O 8,20).

Le sulfate précipite en aiguilles quand on mélange des solutions aqueuses du chlorhydrate et de sulfate de sodium. On recristallise dans l'eau et sèche (20°, 0,5 mm, P_2O_5) F 288°. $C_{18}H_{26}O_3N_{10}$, SO_4H_2, 2,5 H_2O, calculé %, C 37,69; H 5,80 N 24,42; S 5,59; trouvé %, C 37,57; H 6,2; N 24,45; S 6,10).

L'hélianthate cristallise dans l'éthanol. F 224° ($C_{18}H_{26}O_3N_{10}$, 2 $C_{14}H_{15}O_3N_3S$, H_2O, calculé %, C 52,16; H 5,52; O 15,11; N 21,16; S 6,06; ion hélianthine 57,66; trouvé %, C 52,85; H 5,70; O 15,25; N 20,90; S 6,25; ion hélianthine 57,8). L'hydrolyse de cet hélianthate par le méthanol chlorhydrique redonne le chlorhydrate.

Le picrate est obtenu en mélangeant des solutions alcooliques du chlorhydrate et d'acide picrique, F 273° ($C_{18}H_{26}O_3N_{10}$, 2 $C_6H_3O_7N_3$, calculé %, C 40,54; H 3,63; N 25,22; trouvé %, C 40,52; H 3,85; N 25,00).

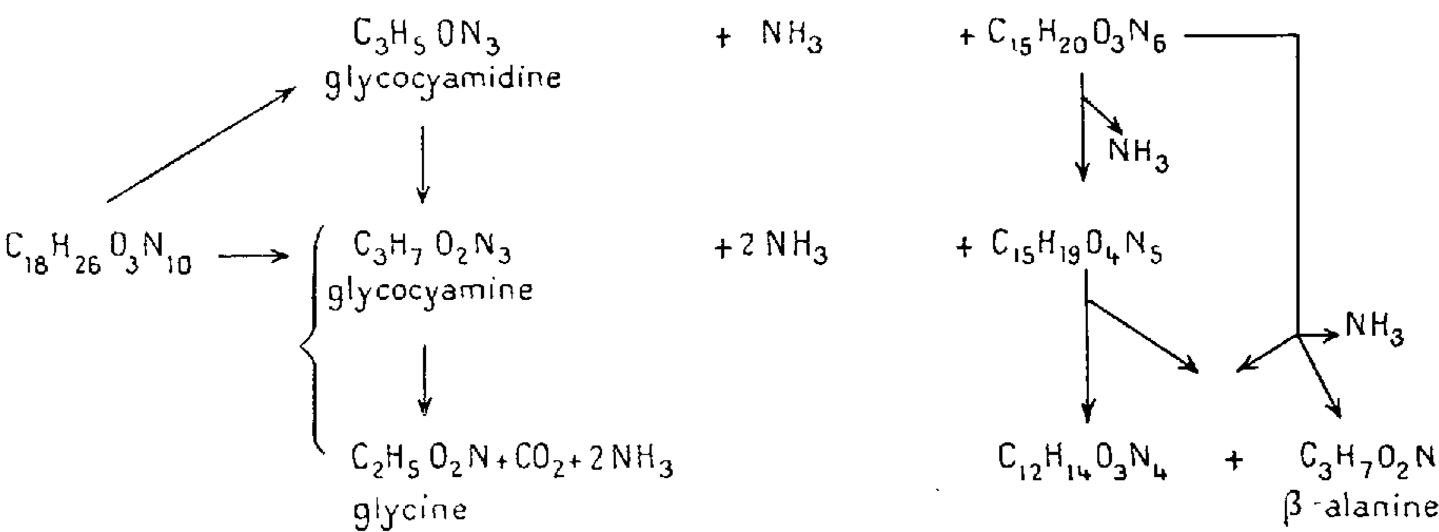
La congocidine ne contient pas de groupe OCH_3 ni CCH_3 mais des NCH_3. On ne trouve pas de fonction ayant un pK entre 3 et 11. C'est une base forte diacide. Elle ne contient ni ester, ni anhydride d'acide (hydroxamates), ni fonction carbonyle réactive. Quelques propriétés sont groupées dans le tableau I.

TABLEAU I.

Propriété		Congocidine (dichlorhydrate).	Base en N_6 (base).	Amphotère en N_5 (forme neutre).	Amphotère en N_4 (sulfate).
Formule		$C_{18}H_{26}O_3N_{10}$, $2ClH$, $2,5H_2O$.	$C_{15}H_{20}O_3N_6$.	$C_{15}H_{19}O_4N_5$, H_2O.	$C_{12}H_{14}O_3N_4$, SO_4H_2, $2H_2O$.
Spectre ultraviolet $\lambda m\mu$ ($\log \varepsilon$) pH[1]	max...	236 (4,37), 296 (4,39)	284 (4,34),	284 (4,28),	263 (4,41),
	min...	266 (4,22)			
pH[13]	max...	305	245 (4,19), 300 (4,20)	245 (4,17), 307 (4,27)	240 (4,17), 280 (4,14)
	min...	266 (dégradation)	230 (4,15), 265 (4,11)	228 (4,11), 268 (4,07)	225 (4,09), 262 (4,04)
pK		2 bases fortes	1 base 5,8	1 base 7, 1 acide 3	7 et 3,5
Guanidine Sakaguchi		Rose	—	—	—
» Weber		Rose	Vert	Vert	Vert
Amine aliphatique (Slyke)		—		—	—
Amine aromatique (Bratton-Marshall)		—	Vert	Vert	Vert
Cl_3Fe		—	Violet	Violet	Orangé
Colorant avec diazoïque		+	+	+	+
Réactif d'Ehrlich		Bleu	Jaune	Jaune	Jaune
Sel de Hg insoluble en milieu acide		+	+	+	+

La dégradation de la congocidine par les alcalis a pu être réalisée progressivement (tableau II). L'isolement des produits de dégradation est pratiquement quantitatif.

Tableau II



Base en N_6, *glycocyamidine et ammoniac.* — Les solutions de congocidine dans la soude N à 20° libèrent une molécule d'*ammoniac* et laissent déposer en 1 h des aiguilles incolores qu'on recristallise dans l'éthanol aqueux, F 263° ($C_{15}H_{20}O_3N_6$, calculé %, C 54,20; H 6,06; N 25,29; PM 332,5; trouvé %, C 54,40; H 6,00; N 25,25; PM 318, cryoscopie acide acétique). Ce corps donne un *picrate*, F 242° ($C_{15}H_{20}O_3N_6$, $C_6H_3O_7N_3$, calculé %, C 44,92; H 4,13; N 22,45; trouvé %, C 44,85; H 4,25; N 22,40) et un *benzoate*, F 265° ($C_{22}H_{24}O_4N_6$, calculé %, C 60,54; H 5,54; N 19,26; trouvé %, C 60,3; H 5,6; N 19,20.) Autres propriétés (*voir* Tableau I).

La neutralisation des liqueurs mères de la base en N_6 montre la présence d'un équivalent d'une autre base de pK 4,8. Celle-ci a été isolée et identifiée à de la *glycocyamidine* (iminohydantoïne) authentique ([4]) par les pK, les Rf, les spectres I.R. et les points de fusion (et le mélange) des picrates, F 218-219° et des chlorhydrates, F 210° ($C_3H_5ON_3$, ClH, calculé %, C 26,58; H 4,46; N 31,00; Cl 26,16; trouvé %, C 26,60; H 4,35; N 30,45; Cl 26,20), diverses réactions colorées et l'hydrolyse en glycocyamine (acide guanidino-acétique).

Amphotère en N_5. — La base en N_6 se dissout dans la soude N à l'ébullition en libérant une autre molécule d'*ammoniac*. Il précipite par neutralisation un nouveau corps qu'on recristallise dans l'eau, F 167° ($C_{15}H_{19}O_4N_5$, H_2O, calculé %, C 51,27; H 6,03; N 19,93; H_2O 5,13; trouvé %, C 50,65; H 6,30; N 20,05; H_2O 5,85). *Picrate*, F 250° ($C_{15}H_{19}O_4N_5$, $C_6H_3O_7N_3$, calculé %, C 44,84; H 3,94; O 31,29; N 19,92; trouvé %, C 44,45; H 4,05; O 30,90; N 20,15). Autres propriétés (*voir* Tableau I).

Amphotère en N_4 *et β-alanine.* — Après ébullition 2,5 h de l'amphotère en N_5 dans la soude 10 N, on a détecté par son spectre ultraviolet et isolé sous forme de son sulfate peu soluble, F 240° un nouvel *amphotère* ($C_{12}H_{14}O_3N_4$, SO_4H_2, $2H_2O$, calculé %, C 36,36; H 5,09; N 14,14; S 8,09; trouvé %, C 36,30; H 4,95; N 14,30; S 8,60). Dans le mélange réactionnel, on a identifié la *β-alanine* par ses R_f dans plusieurs solvants. Elle a été isolée sous forme d'acide (naphtyl-1')-uréylène-3 propionique, F (et mélange) 203°, recristallisation puis 232° ($C_{14}H_{14}O_3N_2$, calculé %, C 65,10; H 5,46; N 10,84 trouvé %, C 65,25; H 5,50; N 10,87). Le spectre IR est identique à celui d'un échantillon authentique ([5]).

Des dégradations très poussées de la congocidine et des produits en N_6, N_5 ci-dessus, en milieu acide ont montré en outre la formation de *monométhylamine* (R_f, picrate), de *sarcosine* (R_f) et de CO_2.

Les propriétés de la congocidine rappellent celles de la « netropsin », un antibiotique isolé par Finlay, Hochstein, Sobin et Murphy ([6]) qui lui attribuaient la formule $C_{32}H_{48}O_4N_{18}$ et qui obtenaient deux bases $C_{15}H_{20}O_3N_6$ et $C_3H_5ON_3$ par dégradation alcaline. Tout récemment van Tamelen, White, Kogon et Powell ([7]) ont repris l'étude de cet antibiotique et proposé une formule $C_{18}H_{26}O_3N_{10}$ identique à celle de la congocidine. Ils l'ont dégradée

en $C_{15}H_{20}O_3N_6$, ammoniac et glycocyamine, ce qui implique au moins une grande similarité entre les deux produits.

(*) Séance du 24 septembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 1498.

(2) 6e *Congrès international de microbiologie*, Rome, 1953. *Riassunti delle communicazioni*, **1**, n° **162**, p. 241.

(3) M. le Professeur Paul nous a fourni la congocidine.

(4) I. S. Bengelsdorf, *J. Amer. Chem. Soc.*, **75**, 1953, p. 3138.

(5) C. Neuberg et A. Manasse, *Ber.*, **38**, 1905, p. 2359.

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, **73**, 1951, p. 341.

(7) *Ibid.*, **78**, 1956, p. 2157.

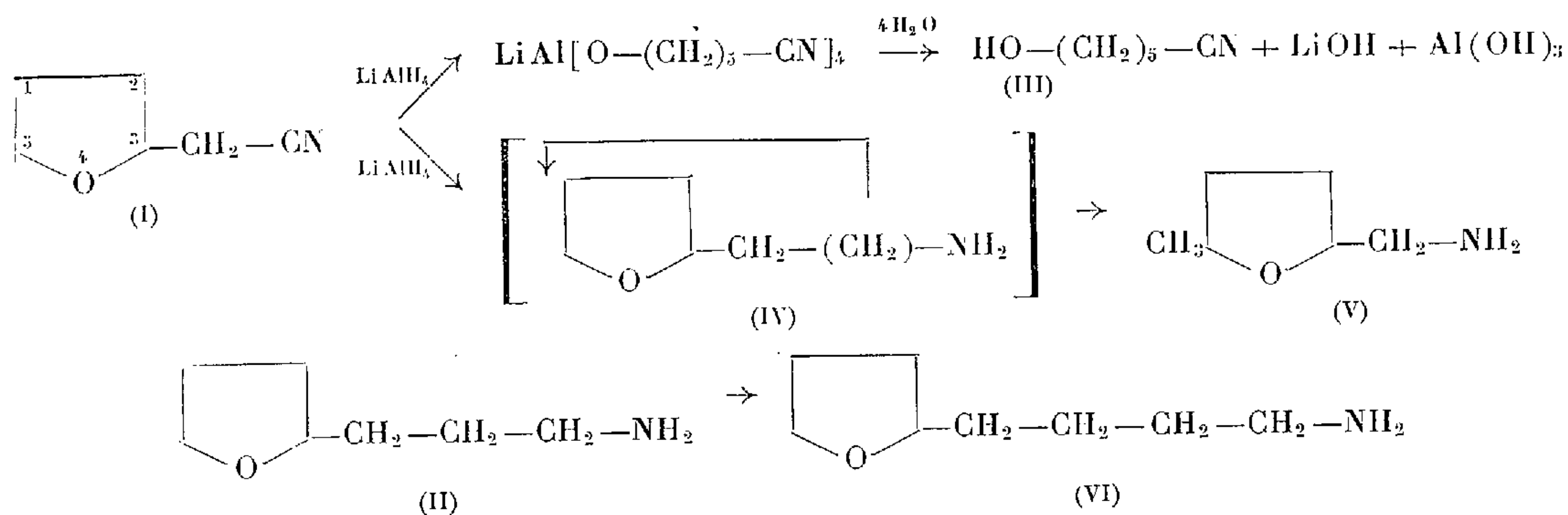
CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction par* $LiAlH_4$ *de deux tétrahydrofurannes homologues à chaînes latérales substituées par le groupement nitrile.* Note de M. **Vladimir C. Arsenijevic** et Mme **Danica Dj. Stefanovic**, présentée par M. Marcel Delépine.

Réduction par $LiAlH_4$ du tétrahydrofuryl-acétonitrile (I) et du tétrahydrofuryl-butyronitrile (II). Avec ce dernier on obtient l'amine (VI) prévue. Avec (I) on obtient, par réarrangement moléculaire, de l'ε-hydroxycapronitrile (III) et de la méthyl-5-tétrahydrofurylamine (V).

Nous avons étudié la réduction par $LiAlH_4$ de deux homologues du tétrahydrofuranne qui ne diffèrent que par la longueur de la chaîne latérale : le tétrahydrofuryl-acétonitrile (I) et le tétrahydrofuryl-butyronitrile (II). Nous pensions obtenir, à partir de (I) le tétrahydrofuryl-2 amino éthane (IV) déjà synthétisé par Windaus et Dalmer (1) et par Takamoto (2), dont les constantes sont : $É_{754}$ 173°, picrate, jaune orangé, F + 129°; $E_{20,3}$ 36-35°, oxalate, F — 146°.

L'amine que nous avons obtenue n'a pas les mêmes constantes et, par surcroît, nous avons obtenu un deuxième corps dont la formation peut s'expliquer par une combinaison préalable entre $LiAlH_4$ et (I). La réduction de (II) est normale.

Les formules ci-dessous rendent compte des réactions :



Mode opératoire. — Nous avons d'abord synthétisé le tétrahydrofuryl-acétonitrile (3) (I) $É_{13}$ + 92°,5, n_D^{15} 1,4490, en faisant agir CNK sur le bromure de tétrahydrofurfuryle, et le tétrahydrofuryl-butyronitrile (II) $É_{13}$ +118-119°, en chauffant à reflux le chlorure de tétrahydrofurylpropyle avec CNK, dans l'alcool dilué, pendant 24 h (4).

Nous avons ensuite réduit ces deux substances pour obtenir (III), (V) et (VI). La réduction a été faite dans un ballon, muni d'un agitateur mécanique, en atmosphère d'azote, dans l'éther anhydre, en ajoutant un excès de 20 % de $LiAlH_4$. Après l'addition de $LiAlH_4$, on chauffe lentement au bain d'huile jusqu'à 50° et on maintient cette température 3 à 4 h. On hydrolyse ensuite le complexe formé en ajoutant de l'eau, de la soude à 15 % et, encore une fois, de l'eau. Par exemple, pour 1 g de $LiAlH_4$ on met 1 g d'eau, 1 g de NaOH à 15 % et, enfin, 3 g d'eau (5). On chasse l'éther et on acidifie le résidu par ClH à 10 %. Si on a réduit (II) on obtient l'amine (VI). Si on a réduit (I) on épuise l'acide par l'éther pour extraire l'ε-hydroxycapronitrile (III) qu'on obtient avec un rendement de 20 % et ensuite l'amine (V) est obtenue par les techniques usuelles.

Propriétés : L'ε-*hydroxycapronitrile* (III) est un liquide incolore, très soluble dans l'eau.

$É_{17}$ 147°; d_{21}^{21} 0,9676, n_D^{21} 1,4432. Analyse élémentaire : calculé %, C 63,68; H 9,72; N 12,37; trouvé %, C 63,41; H 9,66; N 12,14.

Identification par la formation de l'ε-*bromocapronitrile* (6). $É_{15}$ + 134°; n_D^{24} 1,4754.

La méthyl-5 tétrahydrofurfurylamine (V) est un liquide incolore qui absorbe fortement CO_2, $É_{20,3}$ + 76°. Picrate (eau ou alcool), aiguilles jaune clair F + 117°. Analyse élémentaire pour $C_6H_{13}ON.C_6H_3O_2N_3$, calculé %, C 41,85; H 4,67; N 16,20; trouvé %, C 41,67; H 4,45; N 16,20.

Oxalate (alcool), aiguilles blanches F + 112°. Analyse élémentaire pour $C_6H_{13}ON.C_2H_2O_4$, 1/2 H_2O, calculé %, C 44,88; H 7,52; N 6,54; trouvé %, C 44,99; H 7,97; N 6,28; H_2O de cristallisation, calculé %, 4,66; trouvé %, 4,60; Rdt 60-65 %.

Pour le *tétrahydrofuryl-4 amino-1 butane*. É + 96°. Picrate (eau) aiguilles jaunes F + 194°. Oxalate (eau) aiguilles blanches F + 105°. Analyse élémentaire pour $C_8H_{17}ON.C_2H_2O_4$, 1/2 H_2O, calculé %, 5,64; trouvé %, N 5,79; Rdt 70 %.

Tous les points de fusion ont été déterminés au bloc de Kofler.

L'obtention de (III) et de (V) peut s'expliquer par des interactions entre la fonction nitrile et le noyau qui sont plus proches dans le tétrahydrofuryl-acétonitrile que dans le tétrahydrofuryl-butyronitrile.

(1) *Ber*, 53, 1920, p. 2304.
(2) *Chem. Zentr.*, 10, 1928, p. 2399.

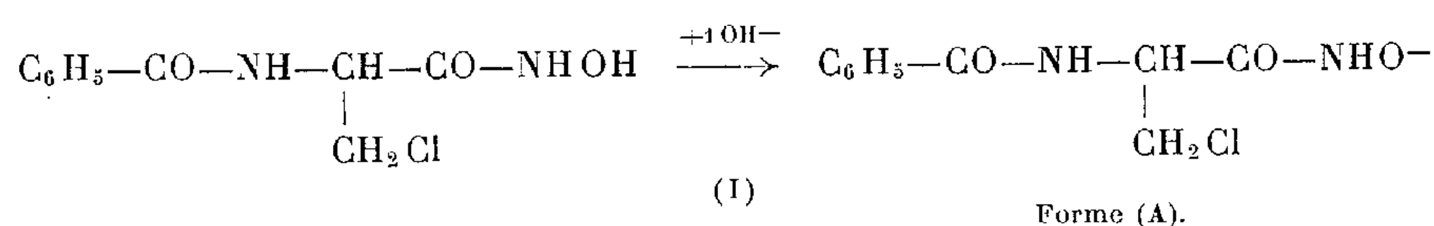
(3) *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 720.
(4) *Monatsh.*, 84, 1953, p. 993.
(5) M. Mihailovic, *Thèse*, Université de Belgrade, 1954.
(6) *J. Org. Chem.*, 14, 1949, p. 37.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation de l'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique*. Note de MM. **Roger Ratouis** et **Robert Behar**, présentée par M. Paul Pascal.

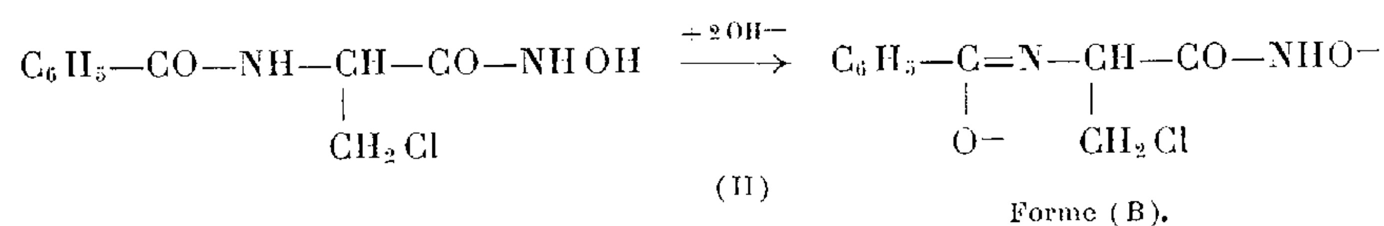
Au cours d'un essai de synthèse de l'amino-4 isoxazolidone-3 selon Folkers (1), on a trouvé que, sous l'action d'agents alcalins, l'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique conduit à deux composés différents suivant les conditions opératoires : la benzamido-4 isoxazolidone-3 ou la phényl-2 carbohydroxamido-4 oxazoline.

L'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique peut, suivant la proportion d'agent alcalin dans le milieu, réagir sous deux formes différentes.

La forme (A) se manifeste en présence d'une molécule d'hydroxyde alcalin, suivant la réaction (I)

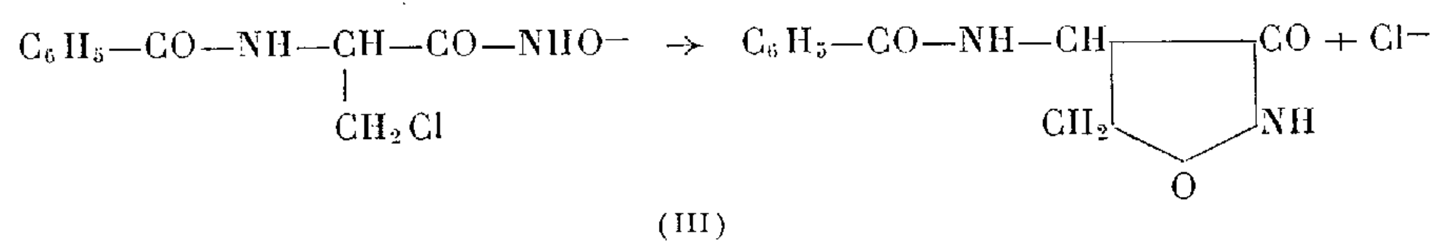


La forme (B) se manifeste en présence de deux molécules d'hydroxyde alcalin, suivant la réaction (II)



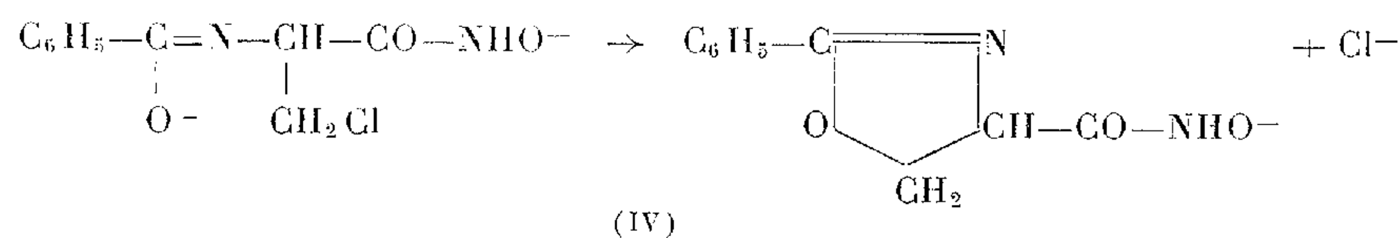
Ces deux formes sont instables, par suite de l'élimination de l'atome de chlore et cyclisation.

La forme (A), par estérification interne de la fonction acide hydroxamique [M. E. Waldstein (2)] conduit au cycle de l'isoxazole [réaction (III)].



Par contre la forme (B) se cyclise, préférentiellement, du côté de la

fonction amide sous sa forme énolique [R. H. Wiley et L. L. Bennett (3)] avec création du cycle de l'oxazole [réaction (IV)].



D'après ce qui précède, la transformation quantitative d'une molécule d'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique en benzamido-4 isoxazolidone-3 ne doit nécessiter qu'une seule molécule de potasse. Or, si l'on fait réagir une molécule de potasse sur une molécule d'acide hydroxamique, en suspension dans l'eau, on observe la dissolution de l'acide, puis la précipitation lente d'un composé dont l'analyse montre qu'il représente la moitié de l'acide de départ; dans la solution, on retrouve l'autre moitié transformée en sel de potassium de l'isoxazolidone attendue.

La connaissance des pK de l'acide hydroxamique de départ (pK 9,8) et de l'isoxazolidone (pK 5,8) permet d'expliquer ce phénomène par la réaction de l'isoxazolidone au fur et à mesure de sa formation sur le sel de potassium de l'acide hydroxamique non encore transformé avec obtention du sel de potassium de l'isoxazolidone et d'acide hydroxamique libre qui ne peut plus participer à la réaction.

Par ailleurs, on observe, en même temps que l'apparition lente d'un précipité dans la solution, la chute du pH de cette solution de pH 10 à pH 6,5 en 15 h; la vitesse de cette variation correspond à la vitesse de la cyclisation de la forme (A) de l'acide hydroxamique qui est donc une réaction très lente. Il apparaît par suite que la quantité de potasse nécessaire à la transformation de tout l'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique en benzamido-4 isoxazolidone est de deux molécules de potasse pour une molécule d'acide. Si ces deux composés sont mis instantanément en contact, le pH de la solution décroît de pH 12 à pH 10,2 et l'acide hydroxamique se dissout totalement. L'analyse de la solution montre la présence du sel de potassium de la phényl-2 carbohydroxamido-4 Δ 2-oxazoline à côté d'un peu de benzamido-4 isoxazolidone-3. En effet l'acide hydroxamique réagit alors sous la forme (B) et conduit à un cycle oxazolinique.

Pour éviter que la cyclisation ne se produise dans ce sens, il suffit de ne pas mettre en contact l'acide et la totalité de la potasse mais d'ajouter ce réactif à une vitesse telle qu'il ne soit jamais en excès à côté de l'acide hydroxamique sous la forme (A) de telle manière que la forme (B) ne prenne pas naissance. Cette condition est réalisée si l'on maintient le pH de la solution à une valeur inférieure au pK de l'acide benzamido-2 chloro-3

propionhydroxamique, soit 9,8. L'addition de potasse est alors très lente et l'on obtient presque exclusivement la benzamido-4 isoxazolidone-3 sous forme de son sel de potassium, à côté d'un peu du sel de potassium de la phényl-2 carbohydroxamido-4 Δ 2-oxazoline.

En conclusion, on voit que selon le pH auquel on maintient le milieu (c'est-à-dire suivant la vitesse d'introduction de l'agent alcalin), on peut obtenir à partir d'une molécule d'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique soit une oxazoline substituée par introduction rapide de deux molécules de potasse, le pH élevé obtenu ainsi favorisant l'énolisation de l'amide [réactions (II), (IV)], soit une isoxazolidone substituée par introduction lente et à pH contrôlé de deux molécules de potasse, ce qui est une préparation très intéressante de ce composé.

La partie expérimentale fera l'objet, ailleurs, d'une publication détaillée.

(1) CH. H. STAMMER, A. N. WILSON, F. W. HOLLY et K. FOLKERS, *J. Amer. Chem. Soc.*, **77**, 1955, p. 2346.
(2) M. H. WALDSTEIN, *Lieb. Ann.*, **181**, 1876, p. 384.
(3) R. N. WILEY et L. L. BENNETT Jr, *Chem. Rev.*, **44**, 1949, p. 456.

PHYSIOLOGIE. — *Caractères de la protection exercée par l'acide ascorbique contre la carence* B_1. Note (*) de Mlle **THÉRÈSE TERROINE** (1), présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'administration d'acide ascorbique à un stade avancé de la carence B_1 chez le Rat provoque une amélioration rapide, considérable mais temporaire de l'évolution pondérale, de l'appétit et de la durée de survie. L'adjonction d'acide ascorbique dès le début de la carence B_1 détermine une réduction très importante mais non totale de la pyruvicémie, malgré un épuisement pratiquement complet du foie en vitamine B_1.

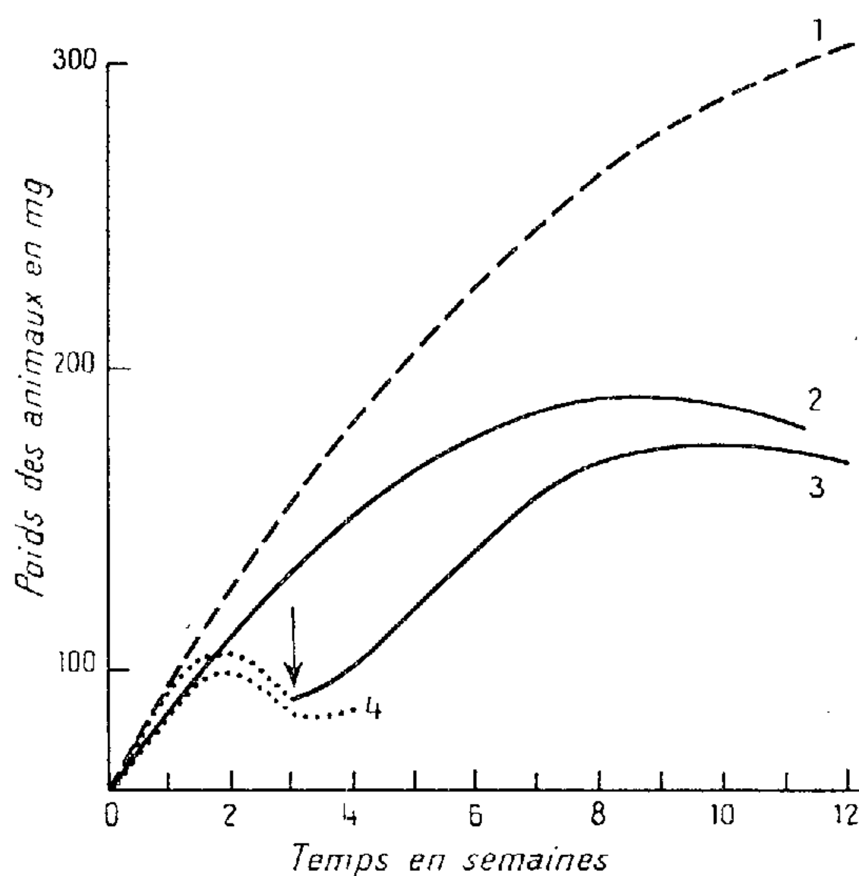
Poursuivant l'étude des caractères de la protection exercée par l'acide ascorbique contre la carence B_1 (2), nous en avons mis en évidence deux nouveaux différents qui vont être analysés successivement.

1. *Pouvoir curatif de l'acide ascorbique contre la carence* B_1. — Des rats mâles albinos Wistar subissent à partir de 60 g et durant trois semaines le régime de carence B_1 ordinaire (3). A ce stade avancé de la carence, l'addition à la ration de 3 % d'acide ascorbique a les conséquences suivantes :

1° une amélioration immédiate et considérable de l'évolution pondérale qui remonte presque au niveau de celle du lot d'animaux traités préventivement par l'acide ascorbique dès le début de la carence et tout au long de celle-ci (cf. *figure* ci-contre).

2° Un accroissement simultané d'appétit qui, tombé à l'ingestion de 4 g sec/jour double en 15 jours de traitement. Dans la même période l'appétit du lot témoin est de 12 g sec/jour et celui du lot carencé en B_1 et traité préventivement par l'acide ascorbique de 10 g.

Mais la faculté curative, comme la faculté préventive, de l'acide ascorbique contre la carence B_1 est incomplète et temporaire : l'évolution pondérale (*cf.* courbe) et l'appétit demeurent toujours fortement subnormaux; il y a bien une prolongation importante de la durée de survie, mais la mortalité, souvent précédée des symptômes nerveux caractéristiques de la carence B_1, apparaît néanmoins au bout de 11 à 12 semaines de traitement; elle débute, il est vrai déjà à la quatrième semaine pour être totale dans la carence à la septième dans la carence B_1 non supplémentée.



Évolution pondérale comparée de rats : 1. recevant un régime normal *ad libitum*; 2. carencés en B_1 et supplémentés avec 3 % acide ascorbique tout au long de la carence; 3. carencés en B_1 et supplémentés avec 3 % acide ascorbique seulement après 3 semaines comme l'indique la flèche; 4. carencés en B_1 sans adjonction d'acide ascorbique.

2. *Inhibition préventive de la pyruvicémie de carence* B_1 *par l'acide ascorbique.* — Après une durée de traitement de 30 à 40 jours, on sacrifie — pour doser l'acide pyruvique sanguin et la concentration hépatique en B_1 — trois lots d'une dizaine de rats chacun pesant initialement 60 g et ayant subi respectivement soit la carence B_1 simple, soit celle comportant l'addition immédiate et permanente de 3 % d'acide ascorbique, soit enfin, à titre de témoin, une alimentation quantitativement restreinte à celle ingérée en carence B_1 simple mais qualitativement complète. L'essentiel de nos résultats apparaît dans le tableau suivant dont il ressort que :

1° l'acide ascorbique inhibe énergiquement l'apparition de la pyruvicémie dans la carence B_1. Au stade où se font les déterminations, le lot carencé supplémenté est en parfait état tandis que celui ne recevant pas d'acide ascorbique est dans la phase mortelle de la carence ce dont témoignent la chute pondérale, l'inappétence et les troubles nerveux spécifiques;

2° l'acide ascorbique ne parvient pas néanmoins à enrayer totalement la pyruvicémie dont la valeur reste double de celle normale;

3° la réduction très importante de la pyruvicémie de carence B_1 par l'acide ascorbique est d'autant plus remarquable qu'elle se manifeste malgré un épuisement du foie en vitamine B_1 identique à celui observé dans le lot carencé non supplémenté en vitamine C.

Nature des régimes.	Poids des animaux.	Acide pyruvique sanguin (mg pour 100 cm³).	Concentration hépatique en B_1 (γ/g frais).
Régime normal donné en quantité restreinte.	110 (94-135)	1,70 (0,75-2,22)	9,18 (7,5-10,05)
Régime carencé en B_1.	73 (67-87)	8,70 (7,2-11,8)	0,73 (0,25-1,32)
Régime carencé en B_1 + 3% acide ascorbique.	162 (146-181)	3,51 (3,0-5,0)	0,39 (0,20-1,0)

(*) Séance du 17 septembre 1956.

(1) Avec la collaboration technique de M[lles] L. F. Buisson et G. Roux.

(2) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2767.

(3) On trouvera la composition des régimes dans la précédente publication.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la topographie des ébauches présomptives du membre postérieur du Poulet.* Note de M. **Armand Hampé**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'emplacement des futurs segments de membres dans le bourgeon alaire du Poulet a fait l'objet de recherches de la part de J. Saunders en 1948 (1). D'après les résultats de cet auteur, les parties basales de l'aile se forment en premier lieu; en d'autres termes, les parties distales n'apparaissent qu'après les zones proximales. Tout se passe comme si les nouveaux territoires du membre se formaient à partir de la zone terminale du bourgeon.

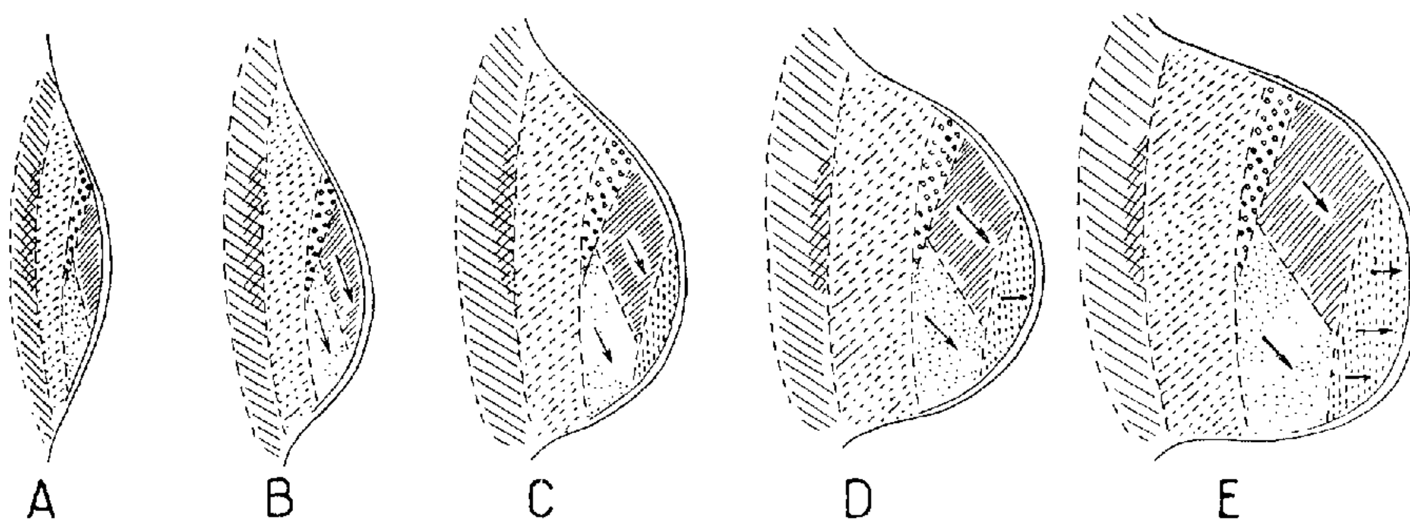
Les observations rapportées ici ont été effectuées sur le bourgeon du membre postérieur droit du Poulet au stade 18 à 22 de V. Hamburger et H. Hamilton (1951) (2), correspondant à environ 65 à 85 h d'incubation.

Technique. — On introduit des particules de carbone en divers points du mésenchyme du bourgeon. Pour situer exactement le lieu de l'implantation on en fait un dessin à la chambre claire. L'embryon suit son développement normal jusqu'au 10e jour où il est fixé, coloré et éclairci.

On retrouve alors le carbone à un endroit facilement identifiable du membre. L'emplacement final des marques de carbone permet ainsi de reconnaître la destinée d'une zone bien déterminée du bourgeon de membre.

Résultats. — Au stade 18 de Hamburger, le bourgeon a une forme en croissant de lune, la moitié antérieure étant symétrique de la moitié postérieure par rapport à l'axe du bourgeon. La longueur du bourgeon correspond environ à sept somites. Sur le pourtour, le bourgeon est enveloppé d'un épithélium épais, reconnaissable à sa grande réfringence;

Dans le sens proximodistal, on peut diviser ce bourgeon en trois tiers, correspondant approximativement aux divers territoires présomptifs du futur membre (*fig.* A). Seuls les deux tiers distaux constituent la partie saillante du bourgeon. La partie antérieure du tiers distal est constituée par le mésenchyme de la moitié proximale du futur tibia. La moitié proximale de l'ébauche péronéenne s'étend en arrière de la précédente, elle est en partie coincée entre l'ébauche tibiale et l'ébauche fémorale. Leurs moitiés distales ne semblent pas encore présentes. L'orientation de ces ébauches est très oblique par rapport à l'axe de symétrie du bourgeon. Le tiers médian est occupé par l'aire fémorale. L'articulation entre le fémur et le tibia-péroné se situe dans la moitié antérieure de l'ébauche.



Distribution des ébauches présomptives de la patte de Poulet

Bassin — Genou — Tarso métatarse
Artic Bassin Fémur — Tibia
Fémur — Péroné

Le tiers proximal comprend l'ébauche du bassin. Les marques au carbone fixées en arrière de la partie saillante du bourgeon se retrouvent, selon leur implantation, dans les divers os du bassin. Celles de la zone postérieure se retrouvent dans l'ischion, celles de la zone antérieure dans l'iléon ou le pubis, ce qui suppose de la part de ce dernier des mouvements internes très intenses. L'articulation bassin-fémur se situe à peu près au milieu du bourgeon.

Au stade suivant (19 de Hamburger) (*fig.* B) la dissymétrie apparaît entre la moitié antérieure et la moitié postérieure du bourgeon. Cette dissymétrie provient essentiellement de l'accroissement des futures zones tibiale et péronéenne, dont la croissance est orientée vers l'arrière. Leurs ébauches se sont complétées; l'ensemble du territoire tibia et péroné est présent.

Ultérieurement (au stade 20 de Hamburger) (*fig.* C) on constate, surtout dans le prolongement du futur tibia, l'apparition de l'ébauche de la partie proximale des tarso-métatarsiens. Celle-ci ne se trouve pas dans l'axe du bourgeon, mais légèrement en arrière, ce qui augmente encore la dissymétrie entre la moitié antérieure et la moitié postérieure du bourgeon.

Aux stades suivants (21 et 22 de Hamburger) (*fig.* D et E) le bourgeon s'allonge, surtout à la suite du développement des tarso-métatarsiens. L'ébauche des doigts ne semble pas encore présente, car les marques de carbone introduites entre l'épithélium et le mésenchyme sont retrouvées, par la suite, dans les zones distales des tarso-métatarsiens. On peut cependant reconnaître une orientation à l'intérieur de cette zone. La partie antérieure donnera le tarso-métatarsien interne (c'est-à-dire gauche pour la patte droite) où se formera aussi le premier doigt. La partie postérieure évoluera en tarso-métatarsien externe (ou droit pour la patte droite). Le tarso-métatarsien médian se place entre les deux.

La croissance dissymétrique des aires tibiale et péronéenne se continue. A l'extrémité, les tarso-métatarsiens ne semblent pas suivre le même mouvement, mais se développer dans le sens de l'axe du bourgeon.

Extérieurement rien ne distingue ces différents territoires les uns des autres; ce n'est que la suite de leur développement qui permet de reconnaître leurs destinées.

Un problème se pose quant à l'origine des éléments constitutifs du bourgeon. Tout se passe comme si le mésenchyme apparaissait à la limite de l'épithélium. Une particule de carbone introduite entre l'épithélium et le mésenchyme se retrouve, quelques heures après, à quelque distance à l'intérieur du bourgeon. Il se pourrait que le mésenchyme soit attiré par l'épithélium périphérique et vienne coloniser sans cesse de nouveaux espaces en arrière de celui-ci, ce qui amènerait un refoulement de la particule de carbone.

Conclusion. — Les résultats précédents permettent de préciser la topographie des différents segments de l'ébauche du membre postérieur en voie de développement. Il semble que, de même que le bourgeon de l'aile, le bourgeon de la patte acquière progressivement de nouveaux segments sur sa limite distale, en dessous de la couche épidermique. Les ébauches de segments distaux (tarso-métatarsiens et phalanges) ne sont pas encore

déterminés territorialement aux stades précoces. Elles se mettent en place à la limite distale du mésoderme, au contact de la calotte épidermique.

(1) J. SAUNDERS, *J. Exp. Zool.*, 108, n° 3, 1948, p. 363.
(2) *J. Morphol.*, 88, 1951, p. 49.

BIOLOGIE. — *Polymorphisme de l'anomalie* E *chez* Rana temporaria *L.* Note de M. **JEAN ROSTAND**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'anomalie E, que j'ai récemment observée dans les produits d'une ponte de Grenouille rousse (*Rana temporaria*), récoltée à Chaville (1), est très polymorphe dans ses manifestations, puisqu'elle peut aller depuis la suppression unilatérale d'un seul orteil jusqu'à l'absence totale de trois membres (ectromélie postérieure bilatérale et ectromélie antérieure unilatérale). En outre, elle s'accompagne parfois d'une torsion de la colonne vertébrale, d'un raccourcissement de la tête (museau tronqué) et de certaines modifications de la coloration.

Voici la description sommaire de 13 individus (sur les 63, tous anormaux, qu'a fournis la ponte en question); ils ont été choisis parmi les plus caractéristiques et examinés quelques jours après la métamorphose.

1° Pattes antérieures : 4 doigts à gauche, 4 à droite. Pattes postérieures : 4 orteils à gauche, 5 à droite. Petite taille, coloration grisâtre, museau tronqué.

2° Pattes antérieures : 4-4. Pattes postérieures : 4-4. Petite taille, coloration grisâtre. Dans la région gauche de la tête, une zone presque entièrement dépigmentée, qui paraît avoir une constitution génétique différente de celle du reste de l'animal (mosaïque).

3° Pattes antérieures : 3-3. Pattes postérieures : à gauche, 1 seul orteil très long; à droite, 2 orteils, dont un long et l'autre atrophié. Coloration très sombre, presque mélanique.

4° Pattes antérieures : 4-4; syndactylie bilatérale (à gauche, 2 doigts soudés; à droite, 4 doigts soudés deux à deux). Pattes postérieures : 4-4; syndactylie bilatérale complète (pieds en palette). Coloration rosâtre, comme moirée; peau très lisse.

5° Pattes antérieures : 4-4. Pattes postérieures : 2-2. Le membre droit est atrophié et dévié au point de rendre la locomotion très difficile; la colonne vertébrale est tordue.

6° Pattes antérieures : 4-4; syndactylie bilatérale (4 doigts soudés deux à deux). Pattes postérieures : pieds en moignons. Coloration rosâtre, peau très lisse.

7° Pattes antérieures : 3-3; syndactylie bilatérale (3 doigts soudés). Pattes postérieures : absence complète des pieds et de la partie inférieure des jambes (ectromélie partielle bilatérale).

8° Pattes antérieures : 3-3. Pattes postérieures : à gauche, membre déformé, à 2 orteils; à droite, cuisse très courte, portant un tout petit moignon digité. Colonne vertébrale tordue.

9° Pattes antérieures : 2-3. Pattes postérieures : ectromélie bilatérale quasi totale, les deux membres n'étant représentés que par de courtes protubérances.

10° Pattes antérieures : 4-4. Pattes postérieures : les deux membres sont remplacés par des moignons, terminés en pointe.

11° Pattes antérieures : 4-4. Pattes postérieures : à gauche, membre tordu, à un orteil; à droite, ectromélie totale.

12° Pattes antérieures : 2-2, très courtes, et d'apparition tardive, plusieurs jours après la résorption de la queue. Pattes postérieures : ectromélie totale bilatérale.

13° Pattes antérieures : à droite, membre normal à 4 doigts; à gauche, membre entièrement absent. Pattes postérieures : ectromélie totale bilatérale.

Tous les sujets frappés d'ectromélie, même partielle, ont péri, malgré des tentatives de gavage, avant que s'achève la cinquième semaine d'existence imaginale; tous les autres, sauf le 1° et le 2°, sont encore vivants après trois mois d'élevage en terrarium.

Il n'y a pas de corrélation étroite entre l'état des membres antérieurs et celui des membres postérieurs : certains individus atteints d'ectromélie postérieure ont des pattes antérieures normales ou presque normales.

On ne note aucune différence significative entre le côté droit et le côté gauche pour ce qui est de la prédisposition à l'ectrodactylie ou à l'ectromélie.

Le caractère « pupille claire », qui se montrait chez un bon nombre des têtards anormaux, a disparu chez les petites grenouilles.

Plusieurs hypothèses génétiques peuvent être envisagées pour rendre compte de la production de cette ponte entièrement anormale (63 anormaux sur 63 individus). On peut penser à un gène dominant apporté par un parent homozygote, ou à un gène récessif apporté par deux parents homozygotes, mais l'on ne doit pas exclure la possibilité d'une modification cytoplasmique, ni même celle de l'intervention d'un virus ou d'un autre facteur exogène à effet localisé.

(1) Et non à Meudon, comme je l'ai indiqué par erreur dans une Note précédente (*Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 3000).

BIOLOGIE. — *Comportement du Caméléon* (Chamæleon vulgaris *Daudin*) *dans les rayons invisibles*. Note (*) de M. **Maurice Déribéré**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Si le mécanisme des modifications de couleur du Caméléon a été très étudié, l'on a omis de considérer ce phénomène vis-à-vis des radiations du proche infrarouge et du proche ultraviolet.

Des mesures ont été faites de la réflexion apparente de la surface du corps de cet animal pour ces radiations. Ces mesures ont été soit des mesures directes (1) avec un couple thermoélectrique comme récepteur pour l'infrarouge et une cellule à gaz comme récepteur pour l'ultraviolet, soit des contrôles densitométriques sur des photographies (2). Les photographies ultraviolettes étaient obtenues sur plaques « Superfulgur » non chromatisées au travers d'un filtre noir violacé de Wood à l'oxyde de

nickel; les photographies étaient obtenues sur plaques « Infraguil » spécialement sensibilisées au travers d'un filtre rubis foncé Manganal. Une échelle témoin était photographiée en même temps ([3]). Le sujet était un *Chamæleon vulgaris* Daudin femelle adulte de Djerba (espèce commune à l'Égypte, à la Tripolitaine et au Sud Tunisien). Les valeurs moyennes de réflexion apparente (car la diffusion dans le derme et la couche de Malpighi intervient largement dans ce phénomène) sont très indicatives. Nous les avons rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Couleur de l'animal.	R % pour le visible (4 000 à 7 200 Å).	R % pour l'infrarouge proche (7 200 à 12 000 Å).	R % pour l'ultraviolet proche (3 000 à 4 000 Å).
Clair	70	75	65
Noir	15	70	62
Brun foncé	25	20	40
Vert	60	75	60

Les premières valeurs sur sujet clair (gris jaune pâle) sont relatives au repos complet et ont été prises durant le sommeil dans l'obscurité (apport rapide des radiations pour la mesure faite aussi vite que possible), à 25° C. Toutes les radiations sont largement renvoyées. L'animal n'est pas pigmenté, sa peau est terne et diffuse puis renvoie au dehors toutes les radiations par le jeu de ses cellules striées et des iridocytes.

Les valeurs sur l'animal pigmenté en noir, le corps gonflé, par la colère ou la peur, montrent qu'en cet état il n'a pas de réflexes relatifs aux rayons invisibles. Les pigments chromatophores noirs qu'il utilise, à base de mélamine, demeurent clairs pour l'ultraviolet et l'infrarouge. Les photographies dans l'infrarouge et l'ultraviolet prises dans cet état le montrent comme s'il était blanc.

Par contre, lorsqu'il s'étale au soleil en présentant aux rayons une large surface, ce sont les pigments des chromatophores brun rouge qui entrent en action. Ceux-ci sont absorbants non seulement pour les rayons visibles mais aussi pour le spectre élargi. Ceci permet au Caméléon de se chauffer très correctement en absorbant au maximum les radiations reçues. La décroissance régulière de l'absorption de l'infrarouge à l'ultraviolet est due à la diffusion, dans les couches épidermique et dermique qui sont au-dessus, des pigments bruns projetés en ramifications et étalés au-dessous.

Dans son état normal d'attente, de promenade ou d'affut, de couleur verte, le Caméléon renvoie bien l'infrarouge et l'ultraviolet. Ainsi le surprenant arsenal coloré du Caméléon, supérieurement organisé pour les activités vitales de cet animal, n'utilise pas seulement les radiations que nos yeux voient, mais aussi et très efficacement celles qui s'étendent au-delà vers l'infrarouge et l'ultraviolet.

(*) Séance du 24 septembre 1956.

([1]) Comme déjà indiqué pour l'étude des feuilles végétales dans l'infrarouge, M. Dérибéré, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 319.

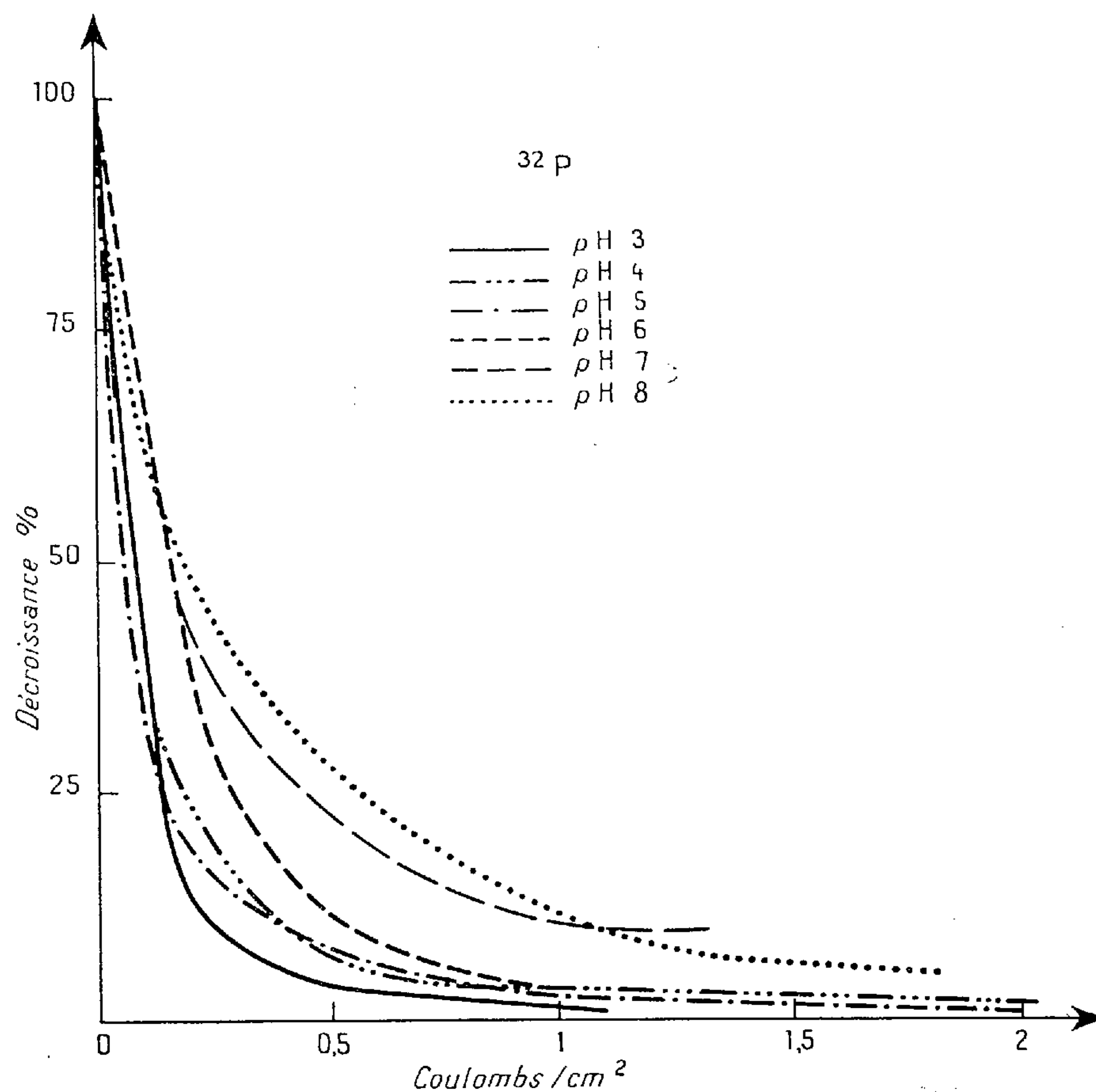
([2]) Comme déjà réalisé par F. Obaton sur des végétaux, *Comptes rendus*, **213**, 1949, p. 621 et 939.

([3]) Ces méthodes sont décrites pour l'infrarouge dans M. Dérибéré, *Les Applications pratiques des rayons infrarouges*, Dunod, Paris et pour l'ultraviolet dans M. Dérибéré, *Les Applications pratiques des rayons ultraviolets*, Dunod, Paris.

RADIOBIOLOGIE. — *Décontamination radioactive cutanée par ionophorèse.* Note (*) de M. **Georges Michon**, présentée par M. Francis Perrin.

La technique est basée sur le transfert électrique des ions radioactifs au niveau de la peau.

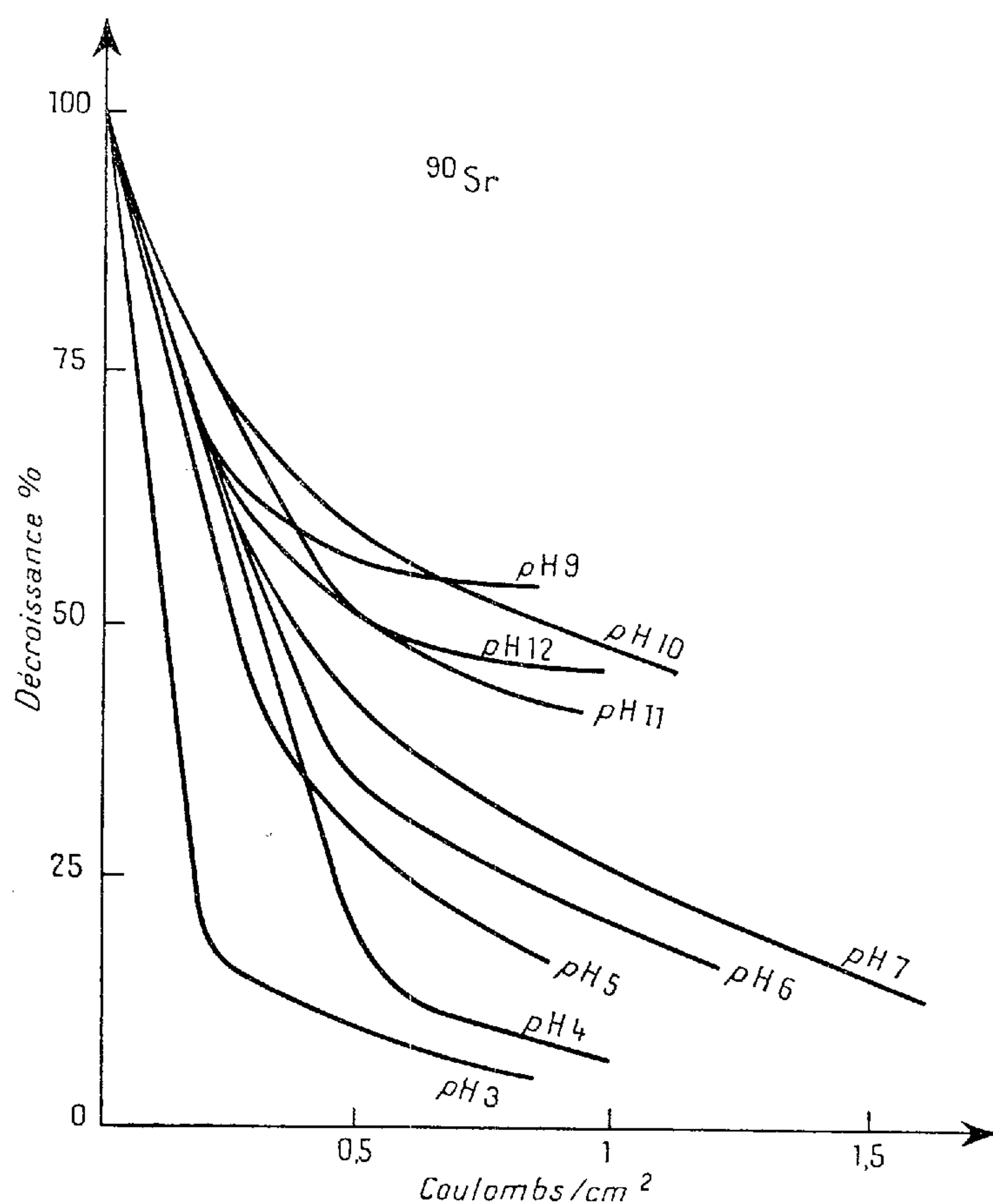
La décontamination cutanée obtenue par lavage au savon ou avec un détergent est rarement complète et elle n'est pas exempte de risques pour l'individu contaminé. Pour pallier ces inconvénients, nous avons étudié une méthode



basée sur le mouvement des ions dans un champ électrique appliqué sur la peau par l'intermédiaire de deux électrodes; l'une est placée en un point quelconque du corps, l'autre sur la région contaminée. On établit une différence de potentiel continue permettant de faire passer un courant de 0,3 mA/cm². Nos expériences ont été réalisées sur des rats dont les téguments étaient soigneusement débarrassés de leurs poils. Le dispositif utilisé pour mesurer la radioactivité de la peau dans des conditions parfaitement reproductibles sera décrit ultérieurement.

Notre étude a été conduite en deux étapes : l'agent de contamination est un anion, dans le second cas il s'agit d'un cation.

La première éventualité a été réalisée par dépôt d'une goutte d'acide phosphorique à base de ^{32}P sans entraîneur. Le cation utilisé était le ^{90}Sr en équilibre avec ^{90}Y sous forme chlorure. L'électrode collectrice était reliée au pôle positif dans le cas de l'acide phosphorique, au pôle négatif dans l'utilisation du chlorure de strontium. Dans les deux cas, nous n'avons utilisé notre technique de décontamination par ionophorèse qu'après lavage au savon de la peau et seulement lorsque l'activité n'était plus influencée par lui. Les



meilleurs résultats ont été obtenus par l'emploi de la solution tampon de Mac Ilvaine (acide citrique + phosphate disodique) au contact de la région contaminée. Les courbes ci-dessus font nettement ressortir un rendement maximum de l'opération à pH 3. Sur le graphique relatif à $^{32}P^{*}$, on peut remarquer qu'une quantité d'électricité de l'ordre de 0,5 C/cm² suffit pour éliminer plus de 95 % de l'activité résiduelle après lavage.

Pour le strontium 90, à pH 3 également, notre expérimentation a porté sur 20 rats. Après passage de 0,5 C/cm², 14 d'entre eux présentaient une activité inférieure à 30 % de celle qu'on observait encore après lavage; pour une quantité d'électricité d'environ 1 C/cm² la décontamination était supérieure ou égale à 80 %.

Cette méthode permet donc de compléter de façon simple la décontamination de la peau dans des conditions exemptes de dangers et ne risquant surtout pas d'augmenter la pénétration percutanée.

(*) Séance du 17 septembre 1956.

CYTOCHIMIE. — *Activité succinoxydasique d'éléments subcellulaires du cortex cérébral du Bœuf.* Note de MM. **Nicolas Chalazonitis** et **Masanori Otsuka**, transmise par M. Albert Policard.

La succinoxydase est hautement localisée dans les grains isolables après fractionnement et centrifugation du cortex cérébral. De tels grains sont reconnaissables *in situ*, groupés en amas, occupant surtout les dendrites et la périphérie du corps du soma neuronique.

Le cortex cérébral du Bœuf (15 à 20 g), prélevé 2 h après la mise à mort, fractionné en présence d'une solution de chlorure de sodium à 9 ‰ et de glucose à 10 ‰, à basse température, permet d'obtenir par centrifugation : 1° un résidu de noyaux et débris avec une force relative centrifuge de 2 000 × G, pendant 10 mn; 2° un résidu de grains (ou « mitochondries »), après centrifugation de la fraction surnageante précédente avec 9 000 × G, pendant 10 mn; 3° une fraction surnageante contenant les microsomes, protéines diffusibles et quelques grains, désignée comme « fraction mixte ».

La mesure de l'intensité respiratoire du cortex et des fractions, effectuée à l'appareil de Warburg, à 38°C, en présence de succinate de sodium (50 mM/l) et d'oxygène, donne les résultats suivants :

Préparation.	mm³ O_2/g frais/h.	Azote dosé (mg).	mm³ O_2/mg azote/h.	Écart moyen (%).
Cortex (coupes).....	1 380 (*)	14,5 /g frais	95	± 3
Grains.............	2 280	6,4 /g frais	356 (**)	± 9
Fraction mixte......	—	0,53/cm³	160	±20

(*) Comparer avec les données de T. F. Dixon et A. Meyer (¹), sur le cortex.
(**) Comparer avec les données de J. A. Shepherd et G. Kalnitsky (²) sur les mitochondries du cortex du Lapin, et avec celles de N. Chalazonitis et A. Arvanitaki (³) sur les grains des neurones de *Sepia*.

L'écart moyen de l'intensité respiratoire est calculé sur six expériences complètes à partir d'animaux d'âge différent.

Le déclin de l'intensité respiratoire ($-\Delta Q_{O_2}/\Delta t$) des grains est de 25 % par heure, ce qui témoigne de la haute fragilité des systèmes enzymatiques.

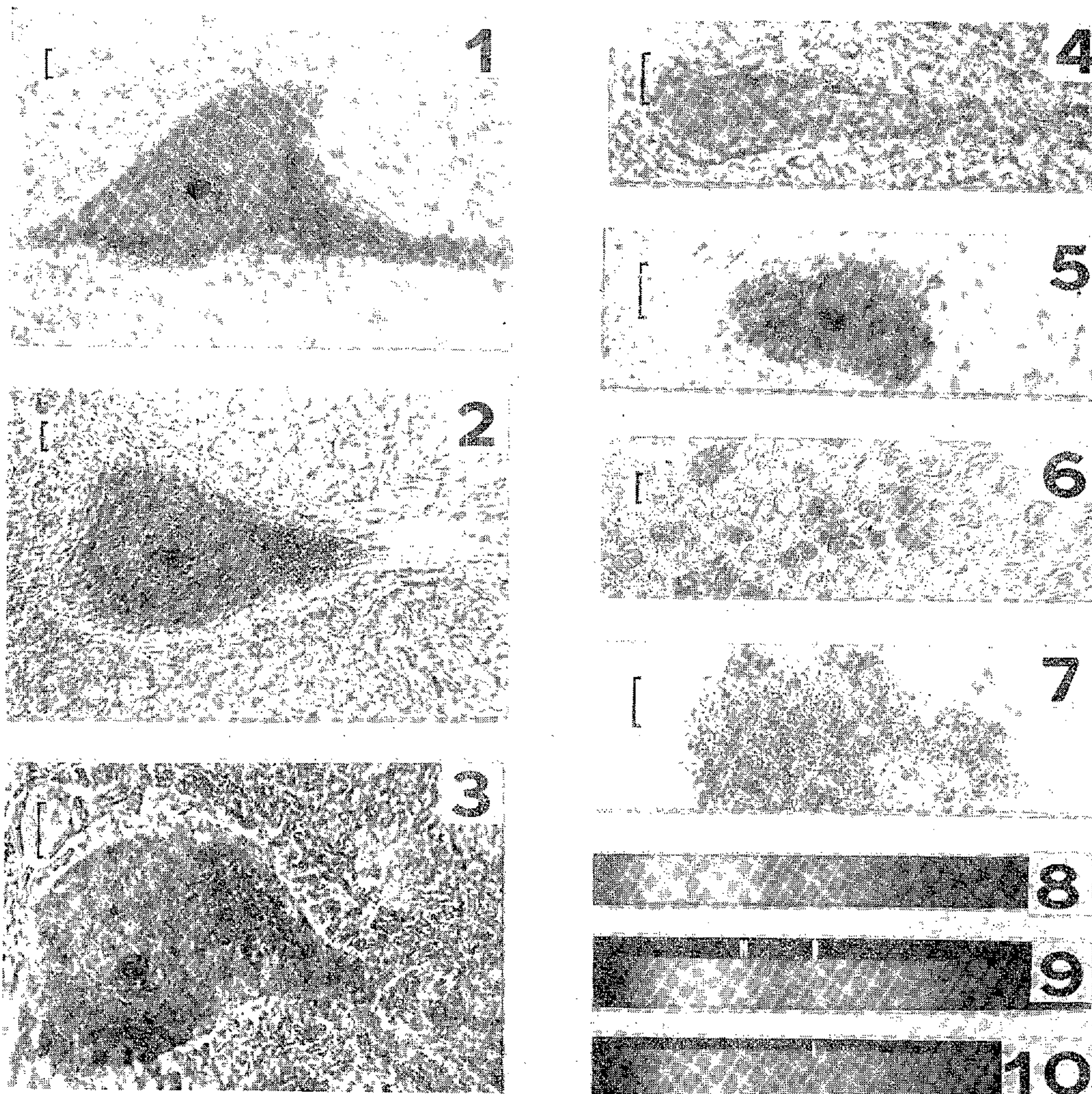


Fig. 1, 2, 3, 4, 5. — Coupes à congélation, après fixation dans une solution de chlorure de sodium à 9 ‰; formolée à 10 %, des centres nerveux de Mammifères (coloration au bleu de méthylène; immersion; échelles partout, 10 μ) montrant :

— des motoneurones de la moelle cervicale du Bœuf (*fig.* 1 et 2);
— un motoneurone de la moelle cervicale du Chat (*fig.* 3);
— des cellules pyramidales du cortex du Bœuf (*fig.* 4 et 5).

On constate partout la disposition des grains basophiles, en amas plutôt périphériques.

Fig. 6. — Frottis de la première fraction isolée après centrifugation (noyaux et débris).

Fig. 7. — Frottis de la deuxième fraction (grains).

Coloration des frottis au vert Janus, après fixation au formol; immersion; échelles, 10 μ.

Fig. 8, 9, 10. — Spectres d'absorption (bandes des cytochromes), respectivement des grains (*fig.* 8) du cortex total (*fig.* 9) de la fraction mixte (*fig.* 10) (*voir* texte).

La spectrographie des fractions, dans des conditions comparables de concentration en protéine, montre des bandes d'absorption intenses avec seules les suspensions de grains et du cortex entier (*fig.* 8, 9 et 10). La densité optique à 604 mμ de la fraction des grains y témoigne d'une concentration en cytochrome *a*, plus élevée que dans les coupes corticales. Le rapport des densités, D_{550}/D_{564}, des clichés des grains, comparé à ceux du cortex, montre par contre une perte en cytochrome *c*, dans la fraction des grains.

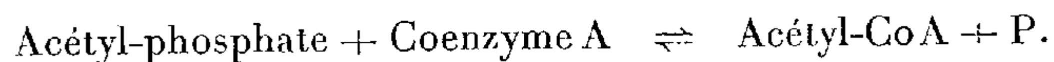
L'examen micrographique des coupes à congélation du cortex ou de la moelle cervicale est résumé dans les figures 1 à 7 : Des grains, de même diamètre (0,8 à 1 μ), et de même colorabilité que ceux isolés dans la fraction, sont groupés en amas disposés en général vers la périphérie du corps neuronique et des dendrites. La contribution de tels amas dans la fraction des grains isolés apparaît certaine. En conséquence, le système de la succinoxydase (4) comportant les Succinodeshydrase-Facteur-Cytochromes-Oxydase, serait hautement localisé dans ces amas.

(1) *Biochem. J.*, 35, 1936, p. 1577.
(2) *J. Biol. Chem.*, 207, 1954, p. 605.
(3) *Arch. Sc. physiol.*, 1956 (sous presse).
(4) E. C. Slater, *Conférences et rapports*, *IIIe Congrès Internat. Biochimie*, Bruxelles, 1955, p. 264.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle du fer dans la formation de la phosphotransacétylase*. Note de Mme **Colette Delavier-Klutchko**, présentée par M. René Fabre.

Cl. saccharobutyricum cultivé en milieu déficient en fer ne possède pas de transacétylase, alors que cet enzyme existe dans le microorganisme cultivé dans un milieu contenant du fer. On montre que le fer est nécessaire pour la formation de l'enzyme et non comme coenzyme.

E. R. Stadtman, G. D. Novelli, F. Lipmann (1) et E. R. Stadtman (2) ont mis en évidence et étudié dans les extraits de *Clostridium kluyveri* et de *E. Coli* un enzyme, la phosphotransacétylase, qui catalyse l'hydrolyse de l'acétylphosphate et nécessite la présence de coenzyme A. La réaction est la suivante :


Acétyl-phosphate + Coenzyme A ⇌ Acétyl-CoA + P.

Le potassium est un cofacteur de la réaction, peut-être le magnésium intervient-il également, mais son rôle n'a pas été clairement établi.

Nous avons trouvé dans les extraits de *Cl. saccharobutyricum* un enzyme répondant à la description qu'en donnent les auteurs cités. Par contre, dans les extraits de ce même *clostridium* cultivé sur un milieu carencé en fer, en

présence d'hydrogène activé, l'activité phosphotransacétylasique est très réduite ou même absente selon la déficience du milieu en métal.

Le fer est éliminé du milieu par le 8-hydroxyquinoléine ([3]), ([4]). Le milieu est considéré comme déficient lorsqu'il ne permet plus la croissance lors du second repiquage, cette croissance étant rétablie :

soit par addition de fer;

soit par de l'hydrogène activé par le noir de platine ([5]).

Les extraits sont préparés d'après la technique de H. J. Kœpsell et M. J. Johnson ([6]), R. S. Wolfe et D. J. O'kane ([7]).

Dans nos expériences nous comparons l'activité phosphotransacétylasique d'extraits obtenus à partir de milieu déficient en fer (D) et celle d'extraits provenant de milieu carencé puis additionné de fer (DF) afin que les différences observées soient spécifiquement dues au fer. L'activité de la phosphotransacétylase est mesurée par l'arsenolyse de l'acétyl-phosphate ([8]), ([1]) l'unité enzymatique étant définie comme la quantité d'enzyme requise pour catalyser l'arsenolyse de 1 μM d'acétyl-phosphate en 15 mn pour 5 unités de CoA ([1]).

On constate (tableau I), avec les extraits déficients, une lente dégradation de l'acétyl-phosphate; cette dégradation non stimulée par le CoA, serait probablement due à l'action d'une phosphatase et non à celle de la phosphotransacétylase.

Tableau I. — *Arsénolyse avec les extraits* D *et* DF *de* Cl. saccharobutyricum
Acétylphosphate en micromoles (*).

Unité de CoA.	D. Temps en minutes.				A. S. (**).	DF. Temps en minutes.				A. S. (**).
	0.	30.	60.	120.		0.	30.	60.	120.	
0......	26,5	26	25,5	24,5	..	25,5	23	20,5	15,5	–
8,4....	27	25,5	25,5	25	0	25,5	18,5	13,5	0	1,4
13,4....	–	–	–	–	..	25,5	13,5	0	–	–

Le système contient :

Acétylphosphate de lithium (selon les indications du tableau)
Bicarbonate de Na.................... 60 μM
Cystéine............................. 10 »
$MgCl_2$............................. 10 »
Arséniate de K....................... 5 »
Coenzyme A (selon les indications du tableau)
Extraits de *clostridium* { D............. 1 mg de protéines
{ DF............ 1,2 mg »
H_2O q. s.......................... 1 cm³

(*) μM d'acétylphosphate par milligramme de protéines, protéines dosées d'après technique de Gornall, Bardawill, David ([4]).
(**) A. S., activité spécifique moyenne.

L'activité enzymatique étudiée n'est pas rétablie par l'addition de Fe^{++} dans le milieu réactionnel, comme en rend compte le tableau suivant (tableau II).

TABLEAU II.

μM d'acétylphosphate disparues après 60 mn calculées par milligramme de protéines.

Unités de CoA.	DF.	D.	D + Fe^{++} (*).
0	4,7	1,4	2
10	16,5	4,9	4,8
20	27,5	8	8,7

Le système comprend :

Tampon Tris (trihydroxyméthylaminométhane) pH 7,3	10 μM
Acéthylphosphate Li	environ 30 μM
Coenzyme A (selon les indications du tableau)	
Glutathion	10 μM
Arséniate K	50 »
Extraits de *clostridium* DF	1,07 mg de protéine
Extraits de *clostridium* D	1,15 mg
H_2O : q. s	1 cm^3

(*) Fer : environ 1 μM (sous forme de SO_4Fe7H_2O).

Ce n'est pas comme co-facteur du fonctionnement de la phosphotransacétylase que le fer intervient. Il semble donc contribuer à la formation de cet enzyme.

Ceci se trouve confirmé par l'étude de l'action du versene (acide éthylène-diamino-tétra-acétique) sur l'activité phosphotransacétylasique d'extraits de *Cl. saccharobutyricum* cultivé sur milieu normal (c'est-à-dire non carencé). Cet agent complexant de tous les métaux exerce une inhibition de 65 % sur l'activité de l'enzyme; cependant cette inhibition n'est pas levée par le Fe^{++} mais par le Mg^{++} (dont le rôle dans l'activité de la phosphotransacétylase se trouve ainsi affirmé).

Nous conclurons donc que le *Clostridium saccharobutyricum* cultivé en absence de fer ne forme pas de phosphotransacétylase.

(1) *J. Biol. Chem.*, 191, 1951, p. 365.
(2) *J. Biol. Chem.*, 196, 1952, p. 527.
(3) W. S. WARING et C. H. WERKMAN, *Arch. of Biochem.*, 1, 1942, p. 303.
(4) S. D. RUBBO, A. ALBERT et M. I. GIBSON, *British J. of Exp. Path*, n° 3, 1950, p. 425.
(5) E. AUBEL, A. J. ROSENBERG et J. SZULMAJSTER, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 29, 1954, p. 194.
(6) *J. Biol. Chem.*, 145, 1942, p. 379.
(7) *J. Biol. Chem.*, 205, 1953, p. 755.
(8) E. R. STADTMAN et H. A. BARKER, *J. Biol. Chem.*, 184, 1950, p. 769.
(9) A. G. GORNALL, C. J. BARDAWILL et M. DAVID, *J. Biol. Chem.*, 177, 1949, p. 751.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Séparation et identification de pyrophosphates dans le tissu osseux.* Note de M. **PIERRE CARTIER**, présentée par M. Léon Binet.

En étudiant le mécanisme enzymatique de l'ossification, nous avions précédemment montré (1) que le stade initial de la minéralisation du cartilage ossi-

fiable fait intervenir l'acide adénosine triphosphorique (ATP) qui est scindé en acide adénosine monophosphorique (AMP) et le pyrophosphate libéré est fixé sur le cartilage : cette phosphorylation précède le dépôt de phosphate tricalcique.

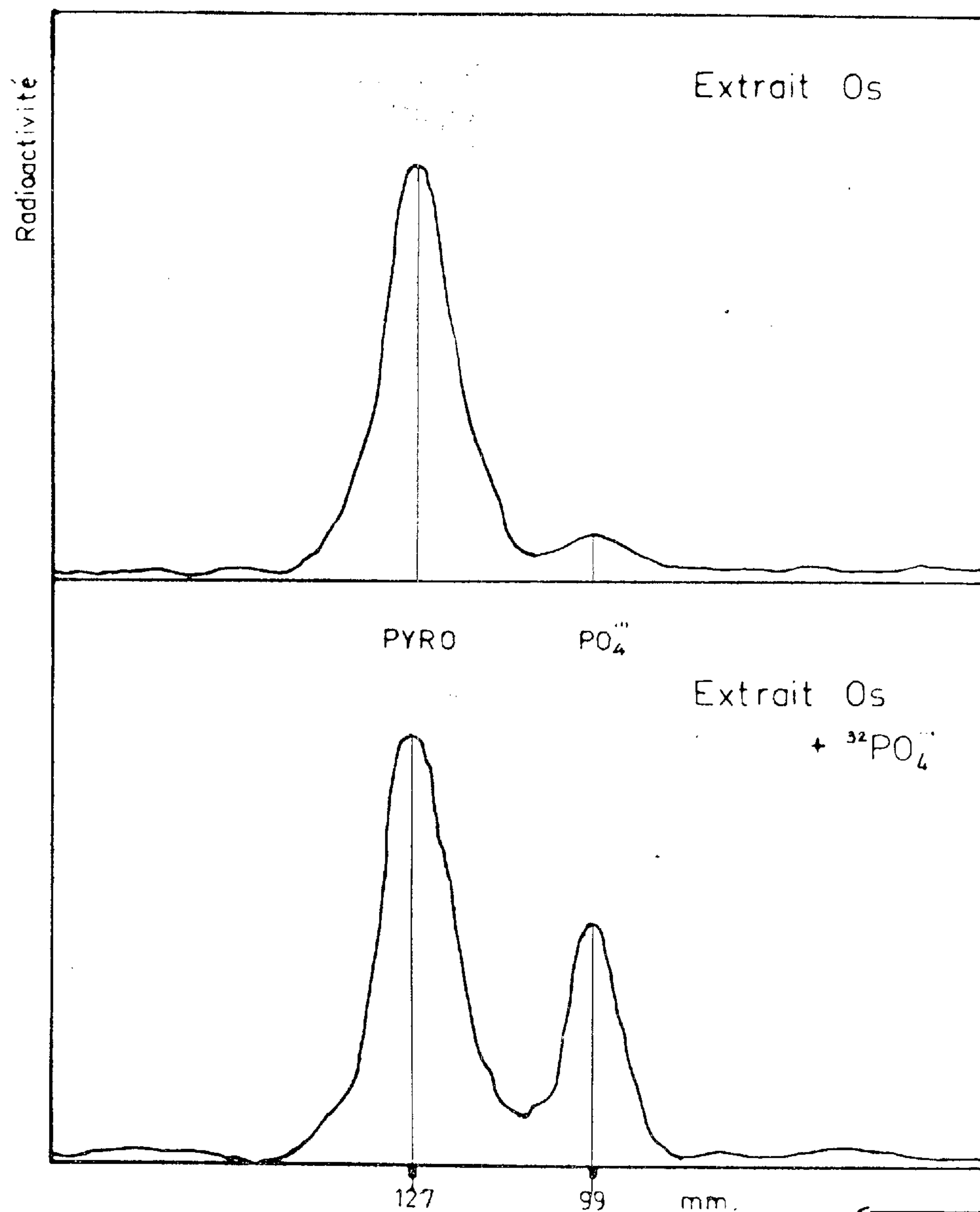


Fig. 1. — Identification par électrophorèse de la fraction pyrophosphate du tissu osseux.

Pour justifier la validité physiologique de ce mécanisme, il était important de pouvoir déceler la présence de pyrophosphates dans le tissu osseux. Récemment H. Perkins et P. Walker (²), partant de nos conclusions, ont constaté

que l'analyse chromatographique sur papier d'un extrait d'os sépare un composé migrant comme les pyrophosphates : sa concentration est faible, de l'ordre de 0,3 à 1 % du phosphore total. Dans le présent travail, nous résumons nos expériences sur la séparation de cette fraction et sur son identification.

A partir d'un extrait trichloracétique de poudre d'os séché, la séparation est réalisée soit par électrophorèse sur papier (méthode rapide, mais mettant en jeu des quantités trop faibles de pyrophosphates pour permettre une identification certaine), soit surtout par chromatographie sur résine anionique à ammonium quaternaire (déacidite 300). Après adsorption sur une colonne de résine anionique et amine phénol (déacidite tamis 120/200, forme Cl^-), les phosphates sont d'abord éliminés par élution par l'acide chlorhydrique N/50 et la fraction pyrophosphate est ensuite éluée par l'acide chlorhydrique N/10. Cet éluat ne renferme pas d'orthophosphates, mais une fraction phosphorée que les caractères suivants identifient à du pyrophosphate :

1° Elle est entièrement hydrolysable en orthophosphates par chauffage pendant 20 mn à 100° en milieu acide chlorhydrique N et la courbe d'hydrolyse se confond avec celle d'une solution de pyrophosphate de sodium.

2° La radioactivité de l'éluat obtenu à partir d'une poudre d'os marquée par injection au rat de radiophosphate est entièrement entraînée par précipitation sélective du pyrophosphate sous forme de sel de manganèse insoluble à pH 5,0 :

Activité initiale de l'éluat	9 800 coups/mn
Activité de l'éluat après précipitation	700 »
Activité du précipité	8 800 »

3° Cet éluat, concentré par lyophilisation, est soumis à une séparation :

a. par électrophorèse sur papier, qui révèle une bande migrant à la même vitesse que les pyrophosphates (*fig.* 1).

b. par chromatographie sur papier qui montre une tache ayant le même R_f que les pyrophosphates.

4° L'éluat ne renferme pas de phosphodérivés adényliques hydrolysables (tel l'ATP), car le spectre d'absorption ultraviolet ne décèle pas la bande intense à 260 mμ des dérivés de l'adénine.

5° La pyrophosphatase de levure hydrolyse spécifiquement la totalité du phosphore de cette fraction (voir tableau).

L'ensemble de ces caractères analytiques permet d'affirmer qu'à côté du phosphate tricalcique, constituant majeur, le tissu osseux renferme constamment du pyrophosphate (de l'ordre de 0,5 % du phosphore total). Cette constatation apporte une confirmation à l'existence d'un mécanisme ATAsique précédant la fixation du phosphate tricalcique, mécanisme que nous avions précédemment démontré *in vitro*.

Dosage par hydrolyse acide ou enzymatique de la fraction pyrophosphate de l'os.

	$P_{(PO_4)}$ dosage direct (μg).	$P_{(PO_4)}$ libéré par pyrophosphatase (μg).	$\frac{P_{(pyro)}}{P_{(total)}} \times 100$ (*).
Extrait n° 1..........	102	103	0,47
» n° 2..........	108	105	0,45
» n° 3..........	89	85	0,48
		Moyenne..........	0,47 %

(*) Calculé d'après les valeurs du dosage direct.

(1) P. Cartier, *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1952; P. Cartier et J. Picard, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 37, 1955, p. 485, 661, 1159 et 1169.

(2) *IIIe Congrès Intern. Bioch.*, Résumé des communications, p. 43, Bruxelles.

TOXICOLOGIE. — *Sur une méthode de dosage automatique et instantanée de l'oxyde de carbone dans le sang.* Note de MM. **Pierre Giacomo, Marcel Guillot** et **Pierre Jacquinot**, présentée par M. René Fabre.

On remplace dans la méthode de Balthazard le tracé par points de la courbe spectrophotométrique du système oxyhémoglobine/hémoglobine oxycarbonée, par la détermination automatique et instantanée de la position du maximum de la bande α à 0,5 Å près. La quantité de sang nécessaire n'est que d'une goutte et la détermination se fait, par simple dilution, en quelques secondes.

Les méthodes chimiques (1) de dosage de l'oxyde de carbone dans le sang sont utilisables seulement lorsque la quantité d'oxyde de carbone présente est assez grande; quand le taux d'oxyde de carbone est inférieur à 2 cm³ pour 100 volumes de sang, les méthodes deviennent d'un emploi délicat, ou même impossible.

La méthode physique de V. Balthazard (2) repose sur le déplacement progressif des bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine dans le visible en fonction d'une teneur croissante en oxyde de carbone. Les maxima sont situés dans le cas de l'oxyhémoglobine au voisinage de 5 770 et 5 430 Å, tandis que dans le cas de la carboxyhémoglobine les maxima sont à 5 700 et 5 360 Å. Balthazard a montré, en traçant point par point la courbe d'absorption dans la région de la bande α (5 770 Å) avec un spectrophotomètre visuel, qu'on observait un déplacement continu du maximum en fonction d'une concentration croissante en oxyde de carbone. Il en résulte qu'après étalonnage préalable, on peut effectuer, par ce procédé, le dosage directement sur une dilution de sang (après hémolyse), mais la teneur doit être égale ou supérieure à 10 cm³ %. Dans un travail d'ensemble sur la confrontation critique des procédés analytiques, M. M. Bonneau (3) a montré que cette méthode était susceptible d'être

encore améliorée. Il a proposé d'effectuer un enregistrement spectrographique du spectre d'absorption sur cliché photographique, et de déterminer ensuite la position du maximum à l'aide d'un microphotomètre enregistreur. Cette technique lui a permis de poursuivre les dosages jusqu'à un taux de l'ordre de 2 %. L'utilisation d'un spectrophotomètre enregistreur donnerait des résultats analogues.

On peut se poser la question de savoir si cette limite inférieure est conditionnée par l'imperfection technique de la détermination du maximum, ou par des difficultés d'ordre biologique. On sait en effet aujourd'hui que si l'oxyhémoglobine humaine est bien définie, elle diffère pourtant dans sa structure chimique de l'hémoglobine fœtale, et le problème est posé, à l'heure actuelle, de savoir s'il existe *une* ou *des* hémoglobines humaines (différant très peu, bien entendu, les unes des autres par leurs propriétés chimiques). On ne sait donc pas s'il existe de très légères différences dans les spectres d'absorption de ces hémoglobines humaines d'existence encore incertaine, ou si, au contraire, le spectre de l'hémoglobine sanguine, en l'absence d'oxyde de carbone, conserve rigoureusement toujours les mêmes caractéristiques. Il en résulte que les très légères variations de position du maximum peuvent prêter à discussion.

Nous avons pensé que pour aller plus loin dans l'étude de ces problèmes, il était nécessaire de disposer d'une méthode physique instantanée et automatique de détermination du maximum de la courbe d'absorption. L'appareil construit par deux d'entre nous [4] semble répondre aux desiderata :

1° Il permet le pointé rapide et précis des bandes d'absorption ou de transmission des milieux colorés quelconques, et en particulier le pointé rapide de la position de la bande α du système Hb—HbCO. Le principe en est le suivant :

On explore en permanence, sinusoïdalement, à 100 p/s, une petite région du spectre transmis par la substance. La lumière transmise, reçue sur une cellule photoélectrique, fournit un signal électrique alternatif qui s'annule en changeant de signe lorsqu'on passe sur un minimum (ou un maximum) de transmission.

2° Le signal alternatif recueilli permet d'actionner un servomécanisme ramenant automatiquement le spectromètre sur la position du minimum. Un tel appareil a été construit et exposé à l'exposition de la Société française de Physique [5]; il a reçu le nom de « maximètre ».

3° L'incertitude avec laquelle le « maximètre » repère ainsi la longueur d'onde de la bande d'absorption ou de transmission à étudier dépend, d'une part, de la luminosité de l'appareil, d'autre part, de la largeur de la bande. Nous avons d'abord utilisé un appareil à prisme qui donnait, dans le cas de Hb—HbCO, des pointés à ± 1 Å près sur la longueur d'onde.

L'appareil a été amélioré par l'utilisation d'un réseau échelette, plus lumineux, qui porte cette précision à ± 0,25 Å.

Les essais sommaires que nous avons faits jusqu'à présent montrent qu'on peut suivre à ± 0,25 Å près le déplacement de la bande (5 770-5 700) quand on sature progressivement en CO une solution d'hémoglobine.

4° On peut donc immédiatement, par lecture directe, déterminer le coefficient d'empoisonnement avec une erreur absolue de ± 0,5 %. La précision de cette détermination reste la même pour les coefficients d'empoisonnement faibles ou élevés; la quantité de sang nécessaire est seulement de l'ordre du millimètre cube; il n'est pas nécessaire de mesurer la concentration de la solution utilisée; enfin, la mesure dure quelques secondes.

Ce procédé permet donc l'étude rapide, en série, des faibles coefficients d'empoisonnement sur une population, par prélèvement d'une seule goutte de sang à chaque sujet. Nous espérons qu'il pourra entre les mains des spécialistes de la toxicologie du sang, rendre des services dans l'étude des intoxications chroniques par de faibles quantités d'oxyde de carbone.

(1) R. Fabre, *Leçons de Toxicologie*, t. III : *Toxicologie des gaz*, 1943, p. 48.

(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 6, 1924, p. 817.

(3) *Le dosage de l'oxyde de carbone dans le sang, Thèse de Doct. en Pharm.*, Paris, 1951.

(4) P. Giacomo et P. Jacquinot, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 59 A.

(5) Exposition d'Instruments et Matériel scientifique, Paris, 19 au 23 mai 1953.

TOXICOLOGIE. — *Toxicité du monohydrotriéthylétain et du monohydrotripropylétain à l'égard de la Souris et du Lapin.* Note de MM. **Fernand Caujolle, Michel Lesbre**, Mme **Denise Meynier** et M. **Gilbert de Saqui-Sannes**, présentée par M. René Fabre.

L'agressivité des hydrures de trialcoylétain est inférieure à celle des dérivés monochlorés et supérieure à celle des dérivés tétraalcoylés correspondants.

Le triéthyl et le tripropylstannane ont été obtenus à partir des dérivés monochlorés R_3SnCl par la technique récemment mise au point par l'un de nous (1), (2). Grâce aux différences de volatilité une distillation fractionnée très soignée permettait une parfaite séparation des hydrures et des chlorures de trialcoylétain.

Chlorures.	*Hydrures.*
$(C_2H_5)_3SnCl$: $\acute{E}_{12}$ 91°	$(C_2H_5)_3SnH$: $\acute{E}_{14}$ 46°
$(C_3H_7)_3SnCl$: $\acute{E}_{12}$ 123°, F + 23°	$(C_3H_7)_3SnH$: $\acute{E}_{10}$ 72°

En raison de leur instabilité à l'air, ces hydrures étaient éprouvés immé-

diatement après leur obtention sous forme de suspension à 1 % dans du sérum salé isotonique (« tweené » à 20 %), ces suspensions préparées extemporanément, étaient administrées à la Souris (20 ± 1 g) par voie intrapéritonéale ou au Lapin (2 à 3,5 kg) par voie intraveineuse, en perfusions lentes et continues. Nos essais ont porté sur 160 souris et 11 lapins.

Essais sur la Souris.

	Quantités injectées (millimol/kg).	Pourcentage de mortalité après heures. 1/2.	1.	12.	jours. 1.	5.	10.	30.
Dérivé éthylé........	0,15	0	0	10	30	30	40	50
	0,20	0	0	20	30	40	40	80
	0,30	20	0	80	80	100	100	100
	0,40	100	100	100	100	100	100	100
Dérivé propylé......	0,15	0	0	0	0	40	80	80
	0,20	0	0	0	20	60	100	100
	0,30	0	0	40	60	100	100	100
	0,40	0	60	100	100	100	100	100

L'ensemble des résultats nous permet de dégager les conclusions suivantes :

Les souris sont plus sensibles à l'hydrure éthylé qu'à l'hydrure propylé, mais les signes généraux de l'intoxication sont les mêmes pour les deux hydrures; photophobie avec exsudation jaunâtre accolant les paupières, incoordination motrice avec paralysie plus ou moins accusée du train postérieur se généralisant progressivement, notable fréquence des morts différées (précédées de cachectisation). Les survivants sont très amaigris (perte de poids pouvant atteindre 45 %) et ne se rétablissent que très lentement.

La vitesse de perfusion des hydrures est choisie de façon à provoquer la mort des lapins « uréthanisés » (1 g/kg) en des temps voisins de 1 h; une chute tensionnelle progressive se manifeste dès le début de la perfusion, concomittante d'une accélération des mouvements respiratoires, avec amenuisement de l'amplitude. La paralysie respiratoire s'établit assez rapidement, l'apnée terminale précède toujours l'arrêt cardiaque. Le dérivé éthylé est plus agressif que le dérivé propylé, il provoque une agitation particulière des animaux avec exophtalmie.

Les doses léthales en 1 h (± 15 mn) sont d'environ 0,88 à 1 g/kg pour le dérivé éthylé et sensiblement du même ordre pour le dérivé propylé.

Ces données permettent de considérer que l'agressivité des hydrures de trialcoylétain est inférieure à celle des dérivés monochlorés ([3]) et supérieure à celle des dérivés tétraalcoylés correspondants ([4]). L'ordre des toxicités décroissantes est le suivant :

$$\mathrm{Tox}[\mathrm{R}(\mathrm{SnR_3})] < \mathrm{Tox}[\mathrm{H}(\mathrm{SnR_3})] < \mathrm{Tox}[\mathrm{Cl}(\mathrm{SnR_3})].$$

Cet ordre est identique à celui d'électronégativité décroissante du quatrième substituant fixé sur l'étain.

(1) M. LESBRE et I. SÉRÉE DE ROCH, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1956, p. 754.
(2) Mme MATHIS NOËL, M. LESBRE et I. SÉRÉE DE ROCH, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 257.
(3) F. CAUJOLLE, M. LESBRE, D. MEYNIER et G. DE SAQUI-SANNES, *Soc. Pharm. Lyon*, 13 mai 1956.
(4) D. MEYNIER, *Thèse Doct. Sciences*, 1955.

PHARMACOLOGIE. — *Mise en évidence de l'action excito-ganglionnaire exercée par la sérotonine sur l'intestin isolé.* Note de Mlle **JEANNE LÉVY** et Mme **ESTÉRA MICHEL-BER** (1), présentée par M. Léon Binet.

La sérotonine (5 HT) exerce, sur des préparations d'intestin isolé ésériné (iléum de Cobaye et duodénum de Rat), une action dépressive dont la nature adrénergique et l'origine ganglionnaire ont pu être mises en évidence. L'hypothèse d'un point d'attaque au niveau des fibres préganglionnaires est émise.

Certains auteurs ont suggéré que la sérotonine (5 HT) exerce une action au niveau des ganglions, notamment Gaddum et Hameed (2) et Robertson (3).

Au cours de nos recherches effectuées pour préciser le mécanisme de l'action que 5 HT exerce sur l'intestin isolé (4), nous avons recherché si, sur des préparations d'intestin isolé (iléum de Cobaye et duodénum de Rat), cette substance exerce des effets excitants au niveau des fibres préganglionnaires.

1° C'est à l'*iléum isolé de Cobaye* que nous nous sommes adressées en premier lieu, car il nous paraît être le meilleur réactif pour mettre en évidence une telle action (5).

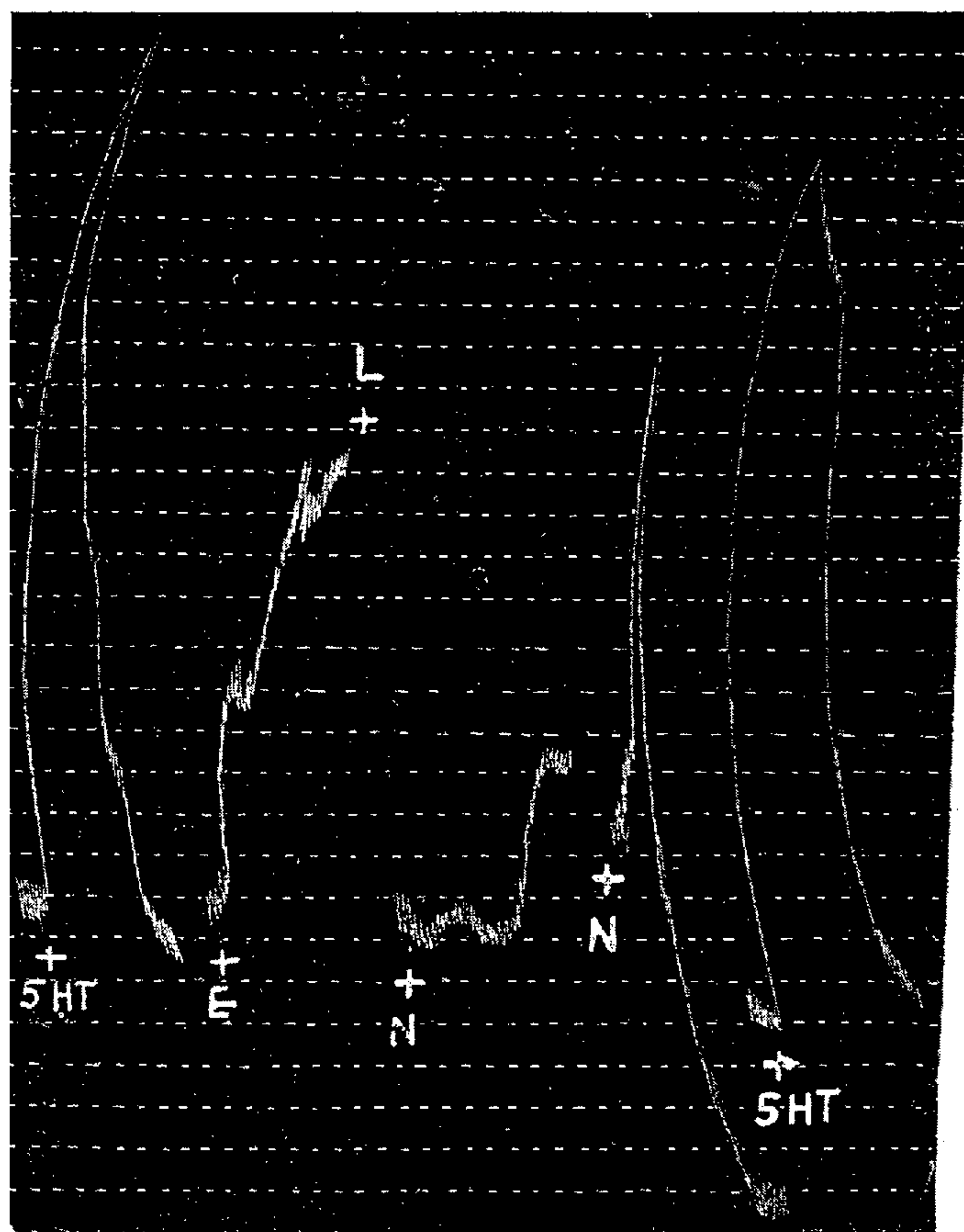
En présence de sulfate d'ésérine ($2{,}5.10^{-8}$) l'action spasmogène (6) provoquée par 5 HT ($2{,}5.10^{-7}$) se transforme en action dépressive prolongée, précédée d'une très faible action contracturante (*fig.*) qualitativement comparable à celle qu'exerce le chlorhydrate de nicotine (5.10^{-7}) dans les mêmes conditions expérimentales.

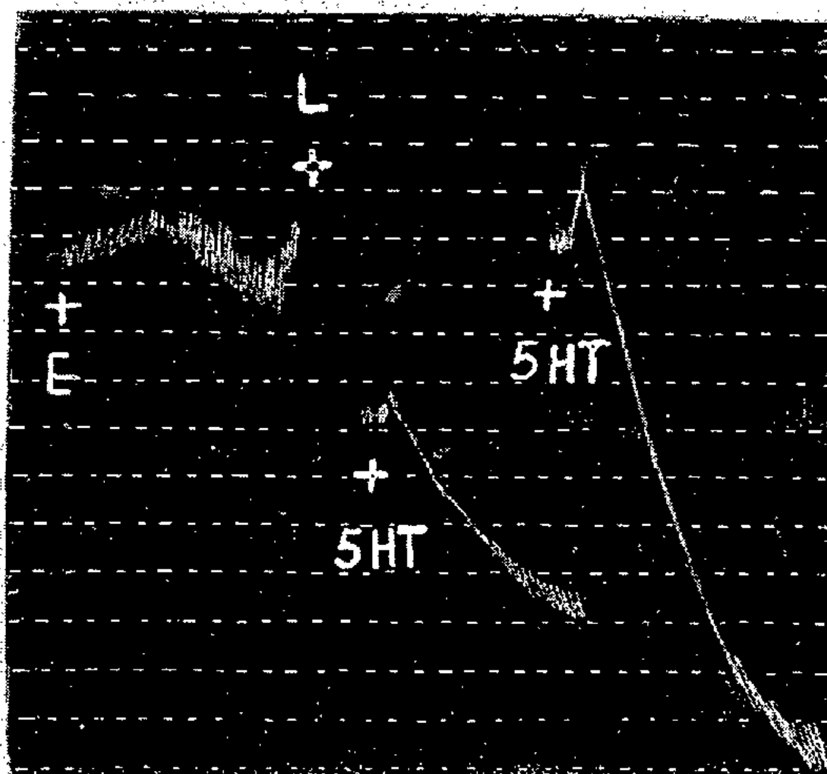
Cette action dépressive est supprimée, d'une part, par le dibromure d'hexaméthonium (5 à 10.10^{-6}), d'autre part, par le chlorhydrate d'yohimbine (5.10^{-6}).

Ces faits expérimentaux plaident en faveur, respectivement, de l'origine ganglionnaire de l'action exercée par 5 HT dans ces conditions et de son caractère adrénergique.

Un effet « indirect » de 5 HT, par mise en liberté d'acétylcholine, a été invoqué par Robertson (3) qui se fonde sur une potentialisation de l'action spasmogène de cette substance sur l'iléum de Lapin en présence d'anticholinestérasique, potentialisation similaire à celle qui est obtenue avec la nicotine.

Un mécanisme analogue peut être admis pour préciser un des points





Tracé réduit de moitié.

Iléum isolé de Cobaye maintenu en survie dans 40 cm³ de tyrode.
En 5 HT administration de 10 µg de sulfate double de 5-hydroxytryptamine créatinine.
En E administration de 1 µg de sulfate d'ésérine.
En N administration de 20 µg de chlorhydrate de nicotine.

d'attaque de 5 HT sur l'iléum de Cobaye. Nous admettons que la sérotonine, de même que la nicotine ([5]), exerce une partie de ses effets au niveau des fibres préganglionnaires, en mettant en liberté de l'acétylcholine qui, préservée de l'hydrolyse par l'ésérine, facilite la transmission nerveuse au niveau de la synapse ganglionnaire et permet l'excitation ultérieure des fibres post-ganglionnaires adrénergiques.

2° Sur le *duodénum isolé de Rat*, les mêmes phénomènes ont pu être mis en évidence, quoique moins régulièrement et dans des conditions expérimentales différentes.

5 HT n'exerce une action dépressive durable (précédée d'une action contracturante), sur l'organe ésériné, qu'à des concentrations élevées (5 à 10.10^{-6}) et en présence du diéthylamide de l'acide lysergique ($2,5.10^{-7}$).

La nature de cette action est adrénergique, puisqu'elle est supprimée par le chlorhydrate de yohimbine (5.10^{-6}); elle est d'origine ganglionnaire, puisqu'elle est supprimée par le dibromure d'hexaméthonium (1.10^{-5}); elle s'exerce au niveau des fibres préganglionnaires, puisqu'elle n'apparaît qu'en présence d'ésérine et qu'elle est supprimée ([7]) par le chlorhydrate de procaïne (5.10^{-6}).

([1]) Avec la collaboration technique de Mme Laja Liblau.

([2]) *Brit. J. Pharmacol.*, **2**, 1954, p. 240.

([3]) *J. Physiol.*, Londres, **125**, 1954, p. 37.

([4]) J. Lévy et E. Michel-Ber, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 3007.

([5]) J. Lévy et E. Michel-Ber, *J. Physiol.* Paris, **45**, 1953, p. 687.

([6]) La 5 HT exerce, sur l'iléum isolé de Cobaye, le plus souvent, une action spasmogène de courte durée, car l'intestin se décontracte avant le lavage. Parfois, cette décontraction amène le tonus à un niveau plus bas que le tonus normal, si bien que 5 HT semble exercer une action biphasique, contracturante, puis dépressive.

([7]) J. Lévy et E. Michel-Ber, *J. Physiol.*, Paris, **47**, 1955, p. 569.

VIROLOGIE. — *Propagation du virus de la fièvre aphteuse en culture de tissu.* Note (*) de MM. **Horst Georg Petermann**, **Robert Lang** et **Czeslaw Mackowiak**, présentée par M. Gaston Ramon.

Depuis cinq ans, l'Institut français de la Fièvre aphteuse utilise la technique publiée par H. S. Frenkel ([1]), pour la production du virus aphteux à l'échelle industrielle ([2]). Ce procédé permet le développement du virus sur cellules d'épithélium lingual en survie. Comme nous avons, par ailleurs, appliqué à l'étude de différents virus la méthode de culture sur cellules en multiplication, il nous a semblé intéressant de rédiger une Note préliminaire, résumant nos travaux en cours sur la fièvre aphteuse.

A ce sujet, ont paru récemment des publications, l'une de R. F. Sellers ([3]),

relative à l'emploi des reins d'embryons de bovins, des reins de veau et de porc, l'autre de Bachrach et ses collaborateurs [4], relative à l'utilisation des reins de veau et de porc.

Nous sommes partis de différents tissus : reins de porcelet, reins d'embryon de veau, reins de veau et amnios bovin. Notre but, considéré du point de vue culture de tissu, fut d'obtenir une couche cellulaire se formant rapidement, régulièrement, et exempte de fibroblastes. Bien qu'au premier abord, les cellules amniotiques nous aient semblé pouvoir remplir ces conditions, nous avons mené parallèlement et à titre comparatif, leur culture avec la culture de tissu de rein d'embryon de veau et de rein de veau. Les reins de porcelet étant difficiles à obtenir, nous les avons abandonnés pour cette étude.

Les reins de veau et les reins d'embryon de veau ont été préparés selon la technique de Dulbecco [5] et J. S. Youngner [6]; l'amnios selon la technique de Zitcer et ses collaborateurs [7]. Les milieux étaient à base de lactalbumine, sérum de veau et solution de Hanks pour les cellules rénales et de lactalbumine, sérum de veau, solution de Hanks et liquide amniotique pour les cellules amniotiques. Le virus de départ était le virus *O Normandie*, passé plusieurs fois sur veau nouveau-né après césarienne. Jusqu'à maintenant, nous avons réalisé douze passages consécutifs sur les trois tissus mentionnés.

Résultats.

Passages.	Tissu.	Titre sur souriceaux ID_{50}/cm^3.
1er	Rein de veau	$> 10^{-4,00}$
	Rein d'embryon	$> 10^{-4,00}$
	Amnios	$> 10^{-4,00}$
3e	Rein de veau	$10^{-5,62}$
	Rein d'embryon	$> 10^{-5,00}$
	Amnios	$> 10^{-5,00}$
6e	Rein de veau	$10^{-7,00}$
	Rein d'embryon	$10^{-6,16}$
	Amnios	$10^{-5,40}$
9e	Rein de veau	$10^{-6,50}$
	Rein d'embryon	$10^{-6,16}$
	Amnios	$10^{-6,00}$
12e	Rein de veau	$10^{-6,00}$
	Rein d'embryon	$10^{-6,51}$
	Amnios	$10^{-5,75}$

Les cultures ont été effectuées en tubes roulants, flacons de Roux, flacons de culture de 4 l et sur boîtes de Pétri. Pour tous les passages de virus, nous avons gardé comme témoins des tubes et des récipients sans virus et d'autres ensemencés avec du virus inactivé. Le virus de départ filtré sur

plaques Seitz E. K. S. [8] a été employé à une dilution de 10^{-3} pour l'ensemencement des cultures et son titre sur souriceaux était de $10^{-6,5}$ ID_{50}/cm^3 [9]. Les passages suivants ont été faits avec le virus dilué à 10^{-1} et provenant de passages antérieurs.

Une partie de ces titrages a été accompagnée par le « plaque forming test » [10] en boîtes de Pétri. Le nombre de plaques produites était toujours proportionnel aux dilutions de virus employées. Mais le titre en PFU [11] était inférieur au titre ID_{50}/cm^3 sur souriceaux. Nous expliquons cela par le fait que nous colorons au rouge neutre nos boîtes de Pétri — en général de 18 à 20 h après l'ensemencement — au moment même où nous récoltons le virus dans les tubes et les flacons.

Le contrôle de spécificité du virus de chaque passage a été fait par fixation du complément.

En conclusion, nos travaux jusqu'à ce jour sembleraient en faveur de l'emploi des cellules de reins de veau pour une production de virus à grande échelle, étant donné leur rendement supérieur en cellules trypsinées. Ces cellules sont, d'autre part, moins exigeantes et plus faciles à mettre en culture. Néanmoins, elles sont désavantagées, par rapport aux cellules amniotiques, par leur croissance ralentie et la présence de fibroblastes. Effectivement, les cellules amniotiques trypsinées commencent à former des plaques de nouvelles cellules dès la quatorzième ou la seizième heure, et nous avons déjà pu les ensemencer avec le virus le quatrième ou cinquième jour après trypsination et mise en culture.

Quant aux cellules de reins d'embryon de veau, nous avons observé que si elles permettent de bien cultiver le virus, elles n'en sont pas moins de préparation beaucoup plus laborieuse et qu'elles développent davantage de fibroblastes.

(*) Séance du 24 septembre 1956.

(1) *Bull. Off. Int. Epiz.*, **28**, 1947, p. 155; *Amer. J. Vet. Res.*, **11**, 1950, p. 371.

(2) C. Mackowiak et H. Girard, *Rev. Immunol.*, **17**, 1953, p. 224.

(3) *Nature*, **176**, 1955, p. 547.

(4) H. L. Bachrach, W. R. Hess et J. Callis, *Science*, **122**, 1955, p. 1269.

(5) R. Dulbecco et M. Vogt, *J. Exp. Med.*, **99**, 1954, p. 167.

(6) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **85**, 1954, p. 202.

(7) E. Zitcer, J. Fogh et T. Dunnebacke, *Science*, **122**, 1955, p. 30.

(8) Les plaques Seitz E. K. S. sont des plaques filtrantes et stérilisantes.

(9) ID_{50}/cm^3 : Expression en unités 50 % par centimètre cube de la dose infectante.

(10) Plaque forming test : Test par lequel on met en évidence la destruction des cellules par le virus.

(11) PFU : Unités conventionnelles pour exprimer les résultats du « plaque forming test », en anglais : plaque forming unit.

BACTÉRIOLOGIE. — *Uniformité et diversité biochimiques des lysotypes du bacille typhique.* Note de MM. **Pierre Nicolle, Jean-François Vieu** et Mmes **Radmilla Skalova** et **Jacqueline Brault**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'utilisation concomitante de la lysotypie et de la classification biochimique de Kristensen pour 4363 cultures de *S. typhi* de provenances très diverses, a permis de reconnaître des lysotypes biochimiquement hétérogènes (d'une grande importance épidémiologique) et des lysotypes biochimiquement homogènes. La stabilité biochimique naturelle de certains lysotypes (M) contraste avec leur variabilité expérimentale.

La classification biochimique proposée par Kristensen (1938) pour *Salmonella typhi*, divise cette espèce en trois chimiotypes suivant leur aptitude à utiliser le xylose et l'arabinose; les deux premiers types (I = xylose +, arabinose —; II = xylose —, arabinose —) sont fréquemment rencontrés, alors que le type III (xylose +, arabinose +) est beaucoup plus rare. L'existence d'un quatrième chimiotype (type IV = xylose —, arabinose +), admise par de Blasi et Buogo (1952), ne nous paraît pas entièrement démontrée.

L'importance de ces chimiotypes en épidémiologie de la fièvre typhoïde a déjà été admise par Olitzki (1949), Jude et Nicolle (1949), Buczowski et coll. (1950), Felix et Anderson (1951), Pavlatou et Nicolle (1953) et discutée par de Blasi et Buogo (1952). Il nous paraît d'un grand intérêt, pour chaque souche de bacille typhique, d'adjoindre à la détermination du type bactériophagique (lysotypie) l'épreuve biochimique sur le xylose et l'arabinose.

Bien que la stabilité de ces divers chimiotypes semble moins marquée *in vitro* que dans la nature et que le passage d'un type à l'autre ait pu être observé, soit par sélection de mutants (Kristensen, 1943, 1955), soit par transduction au moyen d'un phage Vi (Baron et coll., 1953, 1955), il n'en reste pas moins que la constance des caractères biochimiques de certains lysotypes dans les conditions naturelles est frappante.

A mesure que notre étude s'est développée, il nous a paru de plus en plus nécessaire de tenir compte des chimiotypes comme complément indispensable de la lysotypie.

L'étude de l'action sur le xylose et l'arabinose de 4363 souches de *Salmonella typhi* reçues au Centre Français de Lysotypie, de mai 1953 à avril 1956, et provenant de 26 pays situés dans les cinq parties du monde, nous permet de confirmer et d'étendre nos conclusions antérieures.

I. Dans tous les cas où la notion de foyer épidémique a pu être établie avec certitude, les bacilles isolés appartenaient non seulement au même type bactériophagique, mais aussi au même type biochimique.

II. L'étude de la distribution des chimiotypes parmi les cultures de chaque lysotype, montre que, en dehors des types B_1, B_3, C_5, C_6, D_5, E_1b, E_2, E_5, E_6,

E_7, E_8 [1], E_9, F_2, H, K, 25, 26, 27, 32, 34, 36, 37 et 38 pour lesquels le nombre des souches examinées était trop faible) il est possible de distinguer parmi les lysotypes ceux qui sont homogènes dans leur activité sur le xylose et l'arabinose et ceux qui ne le sont pas.

a. Lysotypes hétérogènes. — Ils peuvent ne comporter que les deux chimiotypes les plus répandus (I et II) en proportions variables; la prépondérance relative du type I s'observe pour les lysotypes L_2(81,8 %), N(55,3 %), T(69,9 %), 29(64,8 %) et pour les groupes I + IV(66,6 %) et Vi négatif (69,4 %); celle du type II pour les lysotypes B_2(92,3 %), C_3(71,5 %) [2], D_6(61,1 %) et 28(80 %). Mais plusieurs lysotypes réunissent des souches appartenant à 3 ou 4 chimiotypes : c'est le cas de D_1(I : 96,4 % ; II : 2,5 % ; III : 1 %), de A(I : 47,2 % ; II : 51,8 % ; III : 0,7 % ; IV : 0,3 % ; de O(I : 7,8 % ; II : 90,3 % ; III : 0,9 % ; IV : 0,9 %) et du groupe des cultures Vi dégradées (I : 50,6 % ; II : 48,7 % ; III : 0,47 % ; IV : 0,15 %).

b. Lysotypes homogènes ou presque homogènes. — A l'opposé du groupe précédent, un seul type biochimique y est représenté ou bien il est fortement prépondérant : soit le type I pour les lysotypes C_1, C_2 [3], C_4, D_2, D_4, E_1 *a*, E_3, E_4, F_1, G, J, L_1 et 35; soit le type II pour le lysotype M. Le comportement biochimique des cultures de ce dernier lysotype est particulièrement intéressant : l'examen de 163 souches du lysotype M provenant de régions géographiquement très dispersées (Canada, Pérou, Iran, Vietnam, Japon, Cuba) mais présentant un facteur ethnique commun (présence d'Extrême-Orientaux), a révélé que toutes appartenaient au biotype II.

Cette constance du caractère xylose — du lysotype M dans les conditions naturelles est d'autant plus remarquable qu'il n'y a aucune incompatibilité entre ce lysotype et le chimiotype I : comme nous l'avons vu plus haut, il est en effet possible d'obtenir expérimentalement des bacilles typhiques du lysotype M utilisant le xylose dans les conditions définies par Kristensen.

[1] E_8 = ancien 31 de Wilson et Edwards (Felix, nov. 1955).
[2] C_3 = ancien 33, ou C_3 de Desranleau (Felix, nov. 1955).
[3] C_2 = ancien 30 d'Anderson (Felix, nov. 1955).

La séance est levée à 15 h 55 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 9 juillet 1956.)

Note présentée le 2 juillet 1956, de MM. *Pierre Maroni* et *Jacques-Émile Dubois*, Étude quantitative des variations du spectre d'absorption ultraviolet des cétones saturées aliphatiques en fonction de la structure : calcul de la longueur d'onde du maximum :

Page 139, *intervertir l'ordre des figures.*



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 OCTOBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOPHYSIQUE. — *Explication possible des anomalies de la pesanteur, sans recours à l'isostasie.* Note (*) de M. **René Perrin**.

L'hypothèse de mouvements dus à l'isostasie a pris presque force de loi : c'est dire qu'un chacun admet que les compartiments de l'écorce terrestre s'abaissent ou se soulèvent selon qu'ils sont l'objet d'une surcharge en surface ou au contraire d'une diminution de charge et ce de manière à ce que l'égalité des pressions soit finalement réalisée à une profondeur relativement faible de l'écorce terrestre.

A l'origine de cette hypothèse, selon les conceptions d'Airy en particulier, était la croyance en l'existence d'une couche de Sial solide flottant sur un Sima liquide, conception reprise par Wegener pour sa dérive des continents : les icebergs plongeant plus ou moins, selon leur hauteur. Ces deux auteurs n'ont eu aucun égard au fait qu'un bloc solide de Sial ne peut être en équilibre avec un Sima fondu, comme le prouve l'expérience journalière.

Quoique géophysique et sismologie tendent à montrer que l'écorce est solide et non visqueuse jusqu'à de très grandes profondeurs, épicentres profonds, la croyance en ces mouvements verticaux dus au rétablissement d'un équilibre isostatique demeure, même pour les parties très localisées de l'écorce, comme si chacun avait son indépendance totale sans que se produise aucun effet de voûte. Certains, il est vrai, pensent que de tels mouvements peuvent avoir lieu aussi bien dans le solide, que dans le liquide. Depuis, R. Daly a fait une autre hypothèse, celle des racines inverses. Le seul fait géologique réel apporté à l'appui de l'isostasie est la surrection ou plutôt le basculement du bouclier finno-scandinave attribué à la fonte des glaces. Les nombreux faits contraires sont expliqués par des résistances locales à l'établissement de l'équilibre ou des tensions. L'obser-

vation géologique a montré de son côté que la subsidence ne pouvait être justiciable d'une telle cause à elle seule et qu'il fallait bien admettre l'existence très répandue de mouvements épeirogéniques indépendants de l'isostasie.

En réalité le seul vrai support de l'isostasie est l'existence, non générale, mais cependant très dominante, d'anomalies négatives de la gravité sur les continents et surtout sur les chaînes de montagnes, toutes corrections de Bouguer faites, et positives sur les océans. Ce fait incite à conclure à une densité moindre de l'écorce sur les continents. Le fait n'est point contestable; toute la question est de savoir s'il n'est pas d'autre cause possible pour expliquer les anomalies qu'un déséquilibre isostatique entraînant des mouvements verticaux de blocs isolés de l'écorce, tendant au rétablissement de cet équilibre.

Dans le désir d'apporter des connaissances sur la constitution de la partie superficielle de l'écorce, des travaux très nombreux et méritoires ont été faits en vue de déterminer, dans certaines régions, le niveau de compensation supposé. C'est là pour le géophysicien le but de l'étude des corrections isostatiques, venant s'ajouter aux corrections d'altitude, de plateau et de relief.

Mais les anomalies évaluées en milligals ne sont généralement pas importantes. Dans un récent Mémoire, J. Goguel en particulier a plaidé la cause qu'il n'était pas possible, dans l'état actuel des choses, de faire, à la faveur des anomalies, le choix entre les différentes hypothèses : Pratt avec surface de compensation à la profondeur de 70 ou 100 km, Airy, 30 km, Venig-Meinez, Daly, les différences entre corrections étant, dans l'ensemble, inférieures aux anomalies que peuvent entraîner des accidents géologiques de faible profondeur.

Dans sa thèse fort documentée, Suzanne Coron a tenté une étude de l'application des corrections isostatiques, Pratt ou Airy diverses profondeurs, à la France, étude qui a en particulier le grand mérite d'entrer dans le détail; tout en indiquant que le Airy 30 km paraît le meilleur mode connu de compensation isostatique; elle a constaté de nombreux écarts systématiques et ajoute que les anomalies semblent indiquer « un certain retard à l'isostasie ».

En présence de tous ces faits, j'ai été amené à me poser la question : ne peut-on pas expliquer les anomalies constatées, non pas par le rétablissement d'un équilibre hydrostatique, mais par la tendance au rétablissement d'un équilibre physicochimique dans le solide ? J'ai exposé, puis défendu avec M. Roubault et un nombre croissant d'auteurs les conceptions que je résume brièvement : l'action de l'altération superficielle, et des classements par érosion et sédimentation sur la croûte initiale a détruit l'équilibre physicochimique initial entre les différentes couches

relativement superficielles. Le jour où se produit une montée en température, par enfouissement ou autre cause, des échanges d'ions se produisent avec la profondeur et il y a métamorphisme et granitisation, en une tendance au rétablissement de l'équilibre entre phases solides, par diffusion à longue distance. M'inspirant des données de H. Ramberg, j'ai tenté de donner une interprétation du moteur chimique correspondant.

Quelle que soit celle-ci, si l'on se réfère à l'observation géologique, on constate :

1° que le classement par érosion et sédimentation tend à concentrer le fer, élément lourd, en des points particuliers, et à diminuer donc parallèlement la densité des terrains superficiels, en dehors de ces amas localisés;

2° le métamorphisme, et plus encore la granitisation, ont pour conséquence, dans l'ensemble, une migration de la profondeur vers la périphérie de sodium, potassium, silicium et en contrepartie une migration inverse vers la profondeur d'aluminium, magnésium, fer, et donc, surtout du fait de la montée des alcalins et de la descente du fer, une augmentation de la densité en bas, une diminution en haut. Ainsi, sous l'effet conjugué de ces deux actions, les couches superficielles sédimentaires, ou métamorphiques ou granitisées, caractéristiques des continents et des chaînes de montagnes, deviennent moins denses, les parties plus profondes, situées en dessous d'elles, plus denses. Il est dès lors certain, de par le fait que l'attraction est inversement proportionnelle au carré de la distance, que cette sorte de différenciation, dans les terrains solides doit avoir comme conséquence une diminution d'ensemble de la pesanteur dans les régions intéressées.

Tout le problème est de savoir si une telle différenciation peut conduire à des anomalies du même ordre de grandeur que celles que l'on observe. Pour m'en rendre compte, je me suis livré à des calculs en imaginant une hypothèse, volontairement simplificatrice, qui ne correspond certainement pas à la réalité; ceci n'a aucune importance puisqu'il s'agit de vérifier simplement un ordre de grandeur. J'ai supposé que la différenciation dans le solide avait intéressé uniquement une demi-sphère de rayon r ayant pour centre le point où l'on mesure g.

Je suppose la densité homogène initiale de 2,9 (elle doit être *a priori* plus élevée que celle de la croûte externe actuelle pour laquelle on admet 2,67) et que la différenciation conduise à la formation de deux couches concentriques, l'une profonde de densité 3,2, l'autre superficielle de densité 2,6 à l'intérieur de la demi-sphère. Cette séparation en deux couches concentriques, ainsi que les densités sont arbitraires; les échanges chimiques ne se limitent certainement pas à la demi-sphère, mais, encore une fois, ceci n'a guère d'importance puisqu'il s'agit de vérifier un ordre de grandeur.

En supposant, tout d'abord, que les échanges n'entraînent aucune

variation de volume, un calcul élémentaire indique que la couche légère a un rayon de 0,8 r environ, et la couche dense une épaisseur de 0,2 r.

La diminution correspondante de g, du seul fait de cette répartition différente des corps est de 37,8 mgal si $r = 10$ km, et de 75,6 mgal si $r = 20$ km, toutes dimensions qui n'apparaissent pas excessives au regard de celles des batholites granitiques.

Si, en outre, on admet, comme j'en ai émis l'hypothèse, et, comme l'étude détaillée des contacts granitiques à laquelle nous procédons avec M. Roubault nous paraît le confirmer, que les phénomènes de métamorphisme et granitisation se traduisent par des augmentations de volume, il y a lieu de tenir compte d'un autre facteur. Cette augmentation, dans ma demi-sphère théorique, aurait pour conséquence la formation d'un relief sur la surface, et donc d'une diminution supplémentaire de la densité d'ensemble. Comme, d'autre part, dans le calcul des anomalies, on effectue la correction de plateau supprimant l'influence du relief au-dessus de la cote 0, il est légitime de tenir compte de cette diminution de densité. En admettant une variation de volume de 2 %, on aboutit à une diminution de g de 12,2 mgal pour $r = 10$ km, et de 24,4 pour $r = 20$ km.

Les anomalies calculées ainsi sont bien de l'ordre de grandeur de ce que l'on observe.

Ainsi sédimentation et métamorphisme et granitisation (ou migmatisation) entraînées par les diffusions d'ions à double sens, paraissent susceptibles d'être un facteur essentiel des anomalies observées de par la diminution de densité entraînée dans les zones des continents et chaînes de montagnes et les augmentations en profondeur. Une cause unique, la tendance au rétablissement de l'équilibre physico-chimique serait à la base de l'ensemble de ces phénomènes.

L'isostasie ne me paraît donc pas une hypothèse nécessaire comme cause de mouvements verticaux.

A la réalité, les phénomènes ont été certainement plus complexes : l'érosion et la sédimentation ainsi que l'orogenèse et le volcanisme, engendrent des déplacements latéraux de masses importantes de matières sur lesquelles l'érosion agit à nouveau et les anomalies observées ne peuvent être que la résultante de cet ensemble. Si l'étude des anomalies ne permet pas, à mon sens, de confirmer l'hypothèse isostatique et donc de déterminer des surfaces de compensation, elle garde toute sa valeur de renseignements sur la nature des terrains sous-jacents.

C'est ainsi que, quand S. Coron calcule que la pesanteur augmente rapidement en Bretagne, au droit d'amphibolites, et calcule que celles-ci doivent ainsi s'enfoncer jusqu'à 1 ou 3 km de profondeur, elle fournit une donnée précieuse pour la conception de la structure de la région et même pour les conceptions géologiques en général. Je crois, pour ma part, que

les conclusions des mesures gravimétriques auront d'autant plus d'intérêt qu'on les dissociera d'une interprétation classique par réajustements hydrostatiques qui me paraît insuffisamment appuyée par les faits et qui risque, à la faveur d'idées *a priori*, de masquer les enseignements précieux que donne par ailleurs la gravimétrie.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

ENDOCRINOLOGIE. — *Substances antihistaminiques et fonction du corps jaune de l'ovaire.* Note de MM. **Robert Courrier** et **Louis Chédid**.

Les antihistaminiques utilisés ne se sont pas opposés à l'action de la progestérone sur l'utérus. Ils sont capables de diminuer fortement l'activité du corps jaune ovarien.

On sait que l'utérus de la Lapine offre un matériel de choix pour l'étude de la phase lutéinique, car l'hormone du corps jaune y détermine à la fois une dentelle endométrale qui se développe spontanément et un déciduome qui apparaît en une région expérimentalement lésée.

Au cours d'études sur l'antagonisme hormonal ovarien, R. Courrier et R. Kehl [1] avaient constaté, en 1931, que si la folliculine œstrogène, administrée à une lapine en phase lutéinique, s'oppose pour certaines doses à la dentelle progestative, elle provoque par contre en même temps la formation de gaines déciduales le long des vaisseaux intra-utérins. Cherchant l'explication de ce fait en apparence paradoxal, les auteurs avaient injecté de l'hyohimbine au lieu de folliculine; mais le vasodilatateur n'avait pas déterminé, dans cette expérience, le développement des gaines déciduales périvasculaires.

C'est surtout sur l'histamine que les recherches récentes ont attiré l'attention. Cette substance intervient peut-être à différentes étapes de la fonction génitale de la femelle. On connaît son action ocytocique depuis H. Dale. On sait que le placenta à terme en contient de fortes quantités. On a découvert la richesse en histaminase du sang de la femme enceinte et admis que cet enzyme se forme dans le tissu décidual. On a discuté la notion d'un équilibre histamine-histaminase pendant la grossesse et envisagé ses fluctuations au cours des toxémies gravidiques et de l'accouchement [2].

L'école de C. Champy considère l'histamine comme un médiateur chimique dans certaines actions hormonales des glandes génitales. Le laboratoire de R. Kehl a insisté à plusieurs reprises, depuis 1948, sur le rôle de l'histamine et l'action des antihistaminiques en endocrinologie sexuelle.

En 1952, M. C. Shelesnyak et Y. Chambon ont montré, indépendamment

l'un de l'autre, l'importance de l'histamine dans la réaction déciduale. M. C. Shelesnyak [3] opère sur la Ratte, rendue pseudo-gestante par stimulation électrique du col utérin; l'histamine instillée dans l'utérus y détermine des déciduomes géants. Mais, si l'on ajoute à l'histamine un antagoniste de celle-ci : le « bénadryl » (diphénhydramine), la réaction déciduale est rendue impossible. L'antihistaminique s'oppose aussi au déciduome traumatique; il pourrait nuire à la gestation chez la Souris.

Y. Chambon [4] obtient des résultats chez la Lapine munie de ses ovaires et mise en pseudo-gestation, ou chez la Lapine castrée en phase lutéinique artificielle. L'histamine, déposée dans un cul-de-sac utérin, provoque une réaction déciduale très intense; l'acétylcholine, l'yohimbine sont également efficaces, mais à dose plus forte. Les antihistaminiques, en particulier le « phénergan » (prométhazine), administrés par voie hypodermique, s'opposent au déciduome traumatique.

Il est donc établi que les antihistaminiques neutralisent la réaction déciduale de l'utérus, et que l'histamine provoque cette réaction chez la Lapine et chez la Ratte placées en phase lutéinique.

Pour étudier le mécanisme de cette action, nous avons réalisé différentes expériences chez la Lapine.

I. Dix lapines sont mises au mâle. Vingt-quatre heures après, l'ovulation est vérifiée et la castration effectuée. Cinq femelles reçoivent 0,5 mg de progestérone par jour. Les cinq autres sont soumises au même traitement, mais on leur injecte en plus 200 mg de « phénergan » par jour en deux injections sous-cutanées. Tous les animaux sont examinés le 7e jour. Une dentelle utérine progestative s'est développée également chez toutes les femelles. Ainsi le « phénergan », donné à cette dose par voie hypodermique, ne s'est pas opposé à l'action de la progestérone sur l'utérus.

II. Des lapines sont mises au mâle. Vingt-quatre heures après, l'ovulation est vérifiée, et on ligature les oviductes pour obtenir une pseudo-gestation avec corps jaunes ovariens. Au 6e jour, on traumatise une corne utérine et l'on constate, au 11e jour, l'existence d'une dentelle endométrale sur toute la muqueuse et la formation d'un déciduome au point lésé.

On recommence l'expérience, mais on injecte du « phénergan » par voie sous-cutanée dès le début et en quantité variable. Les animaux sont examinés le 11e jour. Les résultats sont les suivants (tableau I) :

L'administration du « phénergan » a permis d'obtenir, selon les quantités, soit une dissociation entre la dentelle qui reste normale et le déciduome qui est petit ou absent, soit la suppression totale des deux phénomènes utérins de la phase lutéinique. Dans ce dernier cas, l'examen des ovaires révèle que les corps jaunes semblent atteints; l'expérience I a démontré que 200 mg de « phénergan » ne s'opposent pas à l'action de la progestérone sur la dentelle de la lapine castrée.

TABLEAU I.

N° des lapines.	« Phénergan » par jour (voie sous-cutanée) (mg).	Dentelle utérine.	Déciduome.
695	0	Normale	Normal
756 *a*	0	»	»
756 *b*	0	»	»
688	25	»	Faible
685	50	»	»
686	50	»	»
693	100	»	Absent
753	200	Absente	»
754	200	»	»

III. Des lapines sont mises au mâle. Vingt-quatre heures après, l'ovulation est vérifiée, et on ligature les oviductes pour réaliser une pseudogestation avec corps jaunes ovariens. Un premier groupe d'animaux sert de témoin; un deuxième groupe reçoit 200 mg de « phénergan » chaque jour en deux injections pendant toute la durée de l'expérience; un troisième groupe reçoit la même quantité de « phénergan », mais on lui administre en supplément 50 U. I. de gonadotrophine choriale par jour. Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau II.

TABLEAU II.

N° des lapines.	« Phénergan » par jour (voie sous-cutanée) (mg).	Gonadotrophine par jour.	Durée de l'expérience.	Dentelle utérine.	Corps jaunes.
684	0	0	7 jours	Normale	Normaux
680	200	0	»	Atteinte	Atteints
681	»	0	»	»	»
682	»	0	»	Absente	Très atteints
683	»	0	»	»	»
671	0	0	11 jours	Normale	Normaux
672	0	0	»	»	»
675	0	0	»	»	»
673	200	0	»	Absente	Très atteints
674	»	0	»	Atteinte	Atteints
676	»	0	»	Normale	Normaux
699	»	0	»	Absente	Très atteints
753	»	0	»	»	»
754	»	0	»	»	»
677	»	50 U. I.	»	Peu atteinte	Normaux
678	»	»	»	Normale	»
679	»	»	»	»	»

Nous avions constaté que 200 mg de « phénergan », donnés quotidien-

nement par voie hypodermique, ne s'opposent pas à l'action de la progestérone sur la dentelle utérine chez la Lapine castrée. A l'exception d'un seul cas, la même dose d'antihistaminique, administrée à la femelle pseudogestante, provoque une atteinte de ses corps jaunes et la disparition de la dentelle endométrale. L'hormone gonadotrope vient sauver les corps jaunes et, par suite, la dentelle. Le « phénergan » ne neutralise pas l'hormone lutéinique; il attaque soit le corps jaune, soit le complexe hypothalamo-hypophysaire ([5]).

Nous avons réalisé aussi des expériences par voie locale en instillant des antihistaminiques dans la lumière utérine. On se heurte parfois à un grave inconvénient : à certaines doses, quelques substances peuvent exercer une action caustique directe sur la muqueuse utérine.

IV. Vingt-quatre heures après l'accouplement, des lapines sont mises en pseudo-gestation par section tubaire. Au 6e jour, on aménage, sur chacune des cornes utérines, un petit cul-de-sac entre deux ligatures et l'on y introduit une solution de « bénadryl »; la muqueuse utérine est traumatisée sur un seul cul-de-sac. On examine les segments utérins le 11e jour. A la dose de 70 mg, le « bénadryl » s'est révélé caustique et a érodé la muqueuse. Pour des doses comprises entre 8 et 50 mg, la dentelle utérine est normale, mais le déciduome traumatique ne s'est pas développé.

Dans d'autres expériences, nous avons opéré sur des lapines castrées. Après un traitement préalable à l'œstradiol, nous avons déposé une solution d'antihistaminique dans un cul-de-sac utérin et nous avons administré, par voie sous-cutanée, 0,5 mg de progestérone chaque jour pendant cinq jours. L' « antergan » (N-diméthylaminoéthyl-N-benzylamine), le « néo-antergan » (N-*p*-méthoxybenzyl-N-diméthylaminoéthyl-α-aminopyridine), la « théphorine » (2-méthyl 9-phényltétrahydropyridindène), le « thénylène », le « bénadryl », se sont montrés incapables de s'opposer localement à la dentelle endométrale. Le « phénergan » a été écarté dans ce cas, car il est très caustique.

En conclusion, nous confirmons l'action neutralisante de certains antihistaminiques sur la réaction déciduale de la Lapine; il est possible que l'histamine intervienne normalement dans cette réaction. Nous démontrons que les antihistaminiques ne s'opposent pas directement à l'hormone du corps jaune, car ils n'empêchent pas le développement de la dentelle utérine chez la Lapine castrée qui reçoit de la progestérone. Un antihistaminique peut cependant atteindre cette dentelle progestative, mais il le fait en amoindrissant la fonction du corps jaune ovarien.

([1]) *C. R. Assoc. des Anatomistes*, 26e réunion, Varsovie, 1931, p. 144.

([2]) Pour la bibliographie, *cf.* VAN DEN DRIESSCHE, *Gynéc. et Obst.*, 5, 1953, p. 356; ROBERTS et ROBSON, *J. Physiol.*, **119**, 1953, p. 286.

([3]) M. C. Shelesnyak, *Bull. Res. Council of Israël*, 2, 1952, p. 74 et *Amer. J. physiology*, 170, 1952, p. 522; M. C. Shelesnyak et A. M. Davies, *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, 89, 1955, p. 629.

([4]) Y. Chambon et M. Lefrein, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 821 et 147, 1953, p. 1950; Y. Chambon, *Exposé des Titres et Travaux*, Tours, 1952, Imp. Arrault.

([5]) R. Kehl et C. Molina (*Ann. End.*, 10, 1949, p. 383) ont affimé que le « néo-antergan » perturbe l'ovulation ovarienne consécutive à un traitement par les gonadostimulines; il agit par voie locale et non par relais hypophysaire (C. Molina et A. Trigano, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 419).

M. **Albert Caquot** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à notre Académie de la troisième édition de mon *Traité de Mécanique des sols*, écrit en collaboration avec M. Jean Kerisel.

Dans cette édition nous avons développé particulièrement les données physiques complexes des équilibres où les deux tenseurs de la phase liquide et de la phase solide interfèrent constamment.

M. **Corneille Heymans** adresse en hommage à l'Académie quelques tirages à part de ses travaux de pharmacologie.

CORRESPONDANCE.

MM. **Jacques Bourcart** et **André Gougenheim** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Hans Cartensen. *Countercurrent Distribution Studies of Steroidal Substances in Dog Aortic and Adrenal Vein Blood. — Countercurrent Distribution Studies of Adrenocortical Steroids and Steroidal Substances in the Aortic and Adrenal Vein Blood of Anaesthetized Dogs* (Thèse, Uppsala).

2° *Union internationale de chimie pure et appliquée. XVe Congrès* (*Chimie analytique*). *Résumé des communications.*

3° *Frédéric Riesz*, 1880-1956, in *Acta mathematica Academiæ scientiarum hungaricæ.*

4° B. I. Stepanov. *Liouminestsentsia slojnik molekoul.* Tome I.

5° Académie des sciences de l'Estonie. *Troudy Instituta geologii.* Tome I.

6° Académie de la République populaire Roumaine. *Revue de Biologie.* Tome I, n° 1. — *Revue de Mathématiques pures et appliquées*, Tome I, n° 1. — *Revue de Mécanique appliquée.* Tome I, n° 1. — *Revue des Sciences médicales.* Tome I, n° 1.

7° Id. Institutul de Neurologie I. P. Pavlov. *Studii si cercetari de Neurologie*. Tome I, n° 1.

8° D. Barbilian. *Teoria aritmetica a idealelor (In inele necomutative)*.

9° C. T. Ionescu Tulcea. *Spatii Hilbert*.

10° Traian Lalescu. *Introducere la teoria ecuatiilor integrale*.

11° G. Marinescu. *Spatii vectoriale normate*.

12° O. Onicescu, G. Mihoc, C. T. Ionescu Tulcea. *Calculul probabilităților și aplicaiți*.

13° Sergiu Vasilache. *Elemente de teoria multimilor si a structurilor algebrice*.

14° Instituti i Shkencave (Tirane). *Druret dhe Shkurret e Shqiperise*, par Ilia Mitrushi.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations de Mathieu et équations intégrales de Volterra*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

1. Soit l'équation de Mathieu

$$y'' + (\eta + \gamma \cos t)\, y = g(t). \tag{1}$$

Posant, au sens de Laplace $y(t) \supset \varphi(s)$, $g(t) \supset \theta(s)$, l'équation (1) admet la transformée

$$\varphi(s)[s^2 + \eta] + \frac{\gamma}{2}[\varphi(s+i) + \varphi(s-i)] = sy(0) + y'(0) + \theta(s),$$

ou encore

$$\varphi(s) + \frac{\gamma}{\sqrt{\eta}} \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\eta}}{s^2+\eta}[\varphi(s+i) + \varphi(s-i)] = \frac{sy(0) + y'(0) + \theta(s)}{s^2+\eta}. \tag{2}$$

Écrite sous cette forme, il apparaît que la transformée envisagée est l'image de l'équation de Volterra de seconde espèce

$$\begin{aligned} y(t) + \frac{\gamma}{\sqrt{\eta}} \int_0^t \sin\sqrt{\eta}(t-\tau) \cos\tau\, y(\tau)\, d\tau &= y(0)\cos\sqrt{\eta}\, t \\ &+ \frac{y'(0)}{\sqrt{\eta}} \sin\sqrt{\eta}\, t + \frac{1}{\sqrt{\eta}} \int_0^t \sin\sqrt{\eta}(t-\tau)\, g(\tau)\, d\tau. \end{aligned} \tag{3}$$

Montrons que toute solution de (3) est solution de (1); nous avons

$$\begin{aligned} y(t) = &- \frac{\gamma}{\sqrt{\eta}} \int_0^t \sin\sqrt{\eta}(t-\tau) \cos\tau\, y(\tau)\, d\tau + y(0)\cos\sqrt{\eta}\, t \\ &+ \frac{y'(0)}{\sqrt{\eta}} \sin\sqrt{\eta}\, t + \frac{1}{\sqrt{\eta}} \int_0^t \sin\sqrt{\eta}(t-\tau)\, g(\tau)\, d\tau, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y''(t) = &- \gamma \cos t\, y(t) + \gamma\sqrt{\eta} \int_0^t \sin\sqrt{\eta}(t-\tau) \cos\tau\, y(\tau)\, d\tau \\ &- \eta\, y(0)\cos\sqrt{\eta}\, t - \sqrt{\eta}\, y'(0) \sin\sqrt{\eta}\, t \\ &+ g(t) - \sqrt{\eta} \int_0^t \sin\sqrt{\eta}(t-\tau)\, g(\tau)\, d\tau. \end{aligned}$$

En portant dans (1) les expressions précédentes de $y(t)$ et $y''(t)$, il vient, après réductions,

$$-\gamma\cos t\left[y(t)+\frac{\gamma}{\sqrt{\eta}}\int_0^t\sin\sqrt{\eta}(t-\tau)\cos\tau\, y(\tau)\,d\tau-y(0)\cos\sqrt{\eta}\,t\right.$$
$$\left.-\frac{y'(0)}{\sqrt{\eta}}\sin\sqrt{\eta}\,t-\frac{1}{\sqrt{\eta}}\int_0^t\sin\sqrt{\eta}(t-\tau)\,g(\tau)\,d\tau\right]=0.$$

Or, la parenthèse est nulle; *ainsi toute solution de l'équation de Volterra* (3) *est solution de l'équation de Mathieu* (1).

Nous avons donc une méthode permettant de trouver des solutions de l'équation de Mathieu, l'équation de Volterra pouvant être résolue par le procédé classique d'itération.

Notons qu'une méthode analogue peut être utilisée pour étudier l'équation de Hill

(4) $$y''+[\eta+\gamma F(t)]y=0$$

dans laquelle $F(t)$ est une fonction périodique de période 2π, développable en série de Fourier.

2. Considérons maintenant l'équation aux dérivées partielles

(5) $$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}-(\eta+\gamma\cos x)\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}=0.$$

Par des procédés analogues aux précédents, on peut établir que toute solution de (5) est solution de l'équation intégrale

(6) $$y(t,x)-(\eta+\gamma\cos x)\int_0^t(t-\tau)\frac{\partial^2 y(\tau,x)}{\partial x^2}\,d\tau-y(0,x)-t\left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)_{t=0}=0$$

et que, réciproquement, toute solution de (6) est solution de (5).

Dans un autre recueil, nous développerons les résultats obtenus.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains procédés de sommation simples relatifs à des séries de polynomes orthogonaux et à des séries de Neumann.* Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans une précédente Note ([1]), j'ai montré que, dans le développement d'une fonction $f(x)$ en série de polynomes de Hermite et de Laguerre, le calcul effectif d'une moyenne (C, k) se réduisait à l'application, itérée k fois sur la somme ordinaire partielle S_n, d'un opérateur différentiel $\mathcal{C}$, facile à former à partir des coefficients de la relation de récurrence de ces polynomes. On peut chercher à appliquer un opérateur analogue au cas où les polynomes figurant dans les séries sont d'autres polynomes orthogonaux. Dans une étude antérieure ([2]), j'avais déjà montré que la moyenne (C, 1) était avantageu-

sement remplacée, pour les polynomes ultrasphériques par exemple, par une moyenne de la forme $(\sigma_n^1)^\star = \left(\sum_1^n \alpha_r S_r\right) / \left(\sum_1^n \alpha_r\right)$ (les α_r étant des coefficients du premier degré en r).

Je considère donc la classe $(\mathcal{C})^\star$ des polynomes envisagée dans cette étude (3), (elle contient les usuels, moins les polynomes de Jacobi d'indice inégaux).

La moyenne (σ_n^1) s'écrit

$$(\sigma_n^1)^\star = \frac{1}{\sum_0^n \alpha_r} \int_a^b \frac{\Sigma_n^1(x, t)}{x-t} f(t)\, dt.$$

Je définis ici $(\mathfrak{E})^\star$ comme l'opérateur tel que $(\Sigma_n^1)^\star = (\mathfrak{E})^\star(\Sigma_n^0)$. On a ainsi (4)

$$(\mathfrak{E})^\star = \frac{1}{2}\left[\alpha_n + \frac{U(x)-U(t)}{x-t} - \frac{V(x)+V(t)}{(x-t)^2}\right] + \frac{V(x)\dfrac{\partial}{\partial x} - V(t)\dfrac{\partial}{\partial t}}{x-t}.$$

U et V sont indépendants de n par définition de $(\mathcal{C})^\star$, et sont connus en même temps que les polynomes.

Par itération de $(\mathfrak{E})^\star$, on obtient les moyennes $S_n^k(f)/A_n^k$ définies ainsi :

$$S_n^0 = S_n, \qquad S_n^1 = \sum_1^n \alpha_r S_r^0, \qquad \ldots, \qquad S_n^k = \sum_1^n \alpha_r S_r^{k-1},$$

$$A_n^0 = 1, \qquad A_n^1 = \sum_1^n \alpha_r A_r^0, \qquad \ldots, \qquad A_n^k = \sum_1^n \alpha_r A_r^{k-1}.$$

Les moyennes calculées effectivement ici ne sont pas exactement les moyennes (C, k) (sauf si les α_r sont des constantes), mais elles rendent les mêmes services. L'itérée d'ordre k s'écrit

$$(\sigma_n^k)^\star = \frac{1}{A_n^k} \int_a^b \frac{(\Sigma_n^k)^\star(x, t)}{x-t} f(t)\, dt$$

Application. — 1° *Cas des polynomes ultrasphériques* $C_n^\nu(x)$. — Dans ce cas

$$U(x) = \left(\nu + \frac{1}{2}\right)x, \qquad V(x) = 1 - x^2, \qquad \alpha_n = n + \nu - \frac{1}{2}.$$

Le calcul de $S_n = S_n^0$ fournit la valeur

$$S_n^0(f) = \int_{-1}^{+1} \frac{1}{2}\left[\frac{n(n+2\nu-1)}{(n+\nu)(n+\nu-1)}\right]^{\frac{1}{2}} \frac{C_n^\nu(x)\, C_{n+1}^\nu(t) - C_n^\nu(t)\, C_{n+1}^\nu(x)}{x-t} (1-t^2)^{\nu-\frac{1}{2}} f(t)\, dt.$$

On en déduit $(\sigma_n^k)^\star$ et l'on peut, comme pour les σ_n^k des polynomes de Hermite,

chercher la forme asymptotique du noyau. Celle du noyau de $S_n(x)$ est connue ([5]). Quand on pose $x = \cos\theta$, $t = \cos\varphi$ et avec les précautions déjà signalées dans le cas de σ_n^k, le noyau s'écrit encore $\sin v/v$ [où $v = (2n+1)\varphi - \theta/2$],

En vertu d'un calcul similaire, le noyau pour $(\sigma_n^k)^\star$ est alors le même que celui trouvé pour les polynomes de Hermite, c'est-à-dire, l'intervalle d'intégration étant encore $(-\infty, +\infty)$:

$$\pi^{-\frac{1}{2}} k\,! \left(\frac{v}{2}\right)^{-\left(k+\frac{1}{2}\right)} J_{k+\frac{1}{2}}(v).$$

2. *Série de Neumann.* — Dans l'étude alléguée ([6]) une méthode analogue avait été appliquée au calcul de $(\sigma_n^1)^\star$ dans un développement de $f(x)$ en série de Neumann. La somme partielle S_n s'écrit ici :

$$S_n(x) = f(x) - \frac{1}{2}\int_{-\infty}^{+\infty} \Delta_n^0(x, t)\frac{xt}{x-t} f(t)\frac{dt}{|t|}$$

où Δ_n^0 désigne

$$\begin{vmatrix} J_{n+1}(x) & J_n(x) \\ J_{n+1}(t) & J_n(t) \end{vmatrix}.$$

Le calcul précédent se reproduit point par point si l'on choisit $\alpha_r = (1/2)[r + (1/2)]$; il fournit ainsi les moyennes $(\sigma_n^k)^\star = S_n^k/A_n^k$. Comme le premier terme $f(x)$ ne dépend pas de n, on a

$$(\sigma_n^1)^\star = f(x) - \frac{1}{2A_n^k}\int_{-\infty}^{+\infty} \Delta_n^k(x, t)\frac{xt}{x-t} f(t)\frac{dt}{|t|}$$

le calcul de $(\sigma_n^1)^\star$ fournit l'expression de $(\mathfrak{T})^\star$; et l'on a $\Delta_n^k = (\mathfrak{T}^\star)^k \Delta_n^0$.

$$(\mathfrak{T})^\star = \frac{1}{2}\left[n + \frac{1}{2} + \frac{1-(x+t)}{x-t}\right]\times \quad + \frac{xt}{2(x-t)}\left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial t}\right).$$

La question du calcul asymptotique du noyau ne se présente pas ici puisque le terme variable représente, en valeur absolue, la différence $S_n(x) - f(x)$. C'est cette approximation que fournit précisément le calcul précédent, et sa valeur effectuée permet de se rendre compte de la variation, quand k augmente, de la qualité du procédé de sommation.

(*) Séance du 1er octobre 1955.
([1]) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 882.
([2]) *Annales E. N. S.*, 71, 1954, p. 389-419.
([3]) *Loc cit.*, III, p. 403.
([4]) *Loc cit.*, p. 404, formule (1).
([5]) *Cf.* Szegö, *Orthogonal Polynomials.* (*Colloquium Publications*, 23, p. 247.)
([6]) *Loc. cit.*, chap. V, p. 413.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les systèmes triples orthogonaux.* Note (*) de M. **Raoul-François Gloden**, transmise par M. Georges Bouligand.

On sait qu'on peut définir des systèmes triples orthogonaux par couplage d'équations aux dérivées partielles du premier ordre de la forme

$$(1)\qquad \begin{cases} \varphi \equiv pq + Ap + Bq = 0, \\ \psi \equiv p^2 - q^2 + 2(Gp + Hq) = 0. \end{cases}$$

Par une méthode, dont M. Bouligand a donné le principe dans les Comptes rendus ([1]), on adjoint à ce système des conditions, qui rattachant le problème à d'autres théories, le rendent plus abordable.

La condition entre les coefficients des p, q

$$(2)\qquad 2(BG - AH) + 1 = 0$$

exprime que trois des vecteurs $(p, q, -1)$ qu'on tire du système (1) forment un trièdre trirectangle.

D'autre part, la méthode de Lagrange et Charpit donne l'équation suivante

$$(3)\qquad \begin{aligned} \Gamma \equiv (A+q)[(G_x + pG_z)p + (H_x + pH_z)q] \\ + (B+p)[(G_y + qG_z)p + (H_y + qH_z)q] \\ - (G+p)[(A_x + pA_z)p + (B_x + pB_z)q] \\ - (H-q)[(A_y + qA_z)p + (B_y + qB_z)q] = 0 \end{aligned}$$

qui doit être compatible avec le système (1).

Mettons la condition Γ sous la forme

$$(3')\qquad \begin{aligned} (G_y - A_x - AG_z + GA_z)p^2 + [G_x + H_y - B_x + A_y - (AH_z + BG_z) + (GB_z + HA_z)]pq \\ + (H_x + B_y - BH_z + HB_z)q^2 + (AG_x + BG_y - GA_x - HA_y)p \\ + (AH_x + BH_y - GB_x - HB_y)q = 0. \end{aligned}$$

Si nous considérons p et q comme des coordonnées cartésiennes rectangulaires, une hyperbole quelconque du faisceau contenant $\varphi = 0$ et $\psi = 0$ a pour équation

$$(4)\qquad \mu p^2 + \lambda pq - \mu q^2 + (A\lambda + 2G\mu)p + (B\lambda + 2H\mu)q = 0.$$

Désignons les coefficients des p, q du premier membre de (3′) par χ affecté d'un indice. L'identification des deux équations (3′) et (4) nous donne le système

$$\frac{\chi_{p^2}}{\mu} = \frac{\chi_{pq}}{\lambda} = \frac{\chi_{q^2}}{-\mu} = \frac{\chi_p}{A\lambda + 2G\mu} = \frac{\chi_q}{B\lambda + 2H\mu}.$$

L'élimination de λ et μ nous donne les relations suivantes entre les coefficients A, B, G et H et leurs dérivées partielles par rapport à x, y, z.

$$\begin{gathered} \chi_{p^2} + \chi_{q^2} = 0 \\ (BG - AH)(\chi_{p^2} - \chi_{q^2}) = B\chi_p - A\chi_q \\ (AH - BG)\chi_{pq} = H\chi_p - G\chi_q. \end{gathered}$$

Ces équations s'écrivent après simplification

$$(5)\qquad (A-H)_x-(B+G)_y+\begin{vmatrix}A & A_z\\ G & G_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ H & H_z\end{vmatrix}=0.$$

$$(6)\qquad (BG-AH)\left[G_y-H_x-\begin{vmatrix}A & A_z\\ G & G_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ H & H_z\end{vmatrix}\right]=A\frac{\partial}{\partial x}(BG-AH)+B\frac{\partial}{\partial y}(BG-AH).$$

$$(7)\qquad (BG-AH)\left[B_x-A_y+\begin{vmatrix}A & A_z\\ H & H_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ G & G_z\end{vmatrix}\right]=G\frac{\partial}{\partial x}(BG-AH)+H\frac{\partial}{\partial y}(BG-AH).$$

La condition (2) nous donne

$$\frac{\partial}{\partial x}(BG-AH)=\frac{\partial}{\partial y}(BG-AH)=0.$$

Les équations (5), (6), (7) se réduisent à

$$(5')=(5)\qquad (A-H)_x-(B+G)_y+\begin{vmatrix}A & A_z\\ G & G_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ H & H_z\end{vmatrix}=0;$$

$$(6')\qquad G_y-H_x-\begin{vmatrix}A & A_z\\ G & G_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ H & H_z\end{vmatrix}=0;$$

$$(7')\qquad B_x-A_y+\begin{vmatrix}A & A_z\\ H & H_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ G & G_z\end{vmatrix}=0.$$

Nous obtenons un nouveau système plus simple en retranchant, puis en ajoutant membre à membre les équations (5′) et (6′) sans changer (7′).

A ce système donnons la forme suivante :

$$(8)\qquad \begin{vmatrix}A & A_z\\ G & G_z\end{vmatrix}=G_y-\frac{A_x-B_y}{2};$$

$$(9)\qquad \begin{vmatrix}B & B_z\\ H & H_z\end{vmatrix}=H_x-\frac{A_x-B_y}{2};$$

$$(10)=(7')\qquad \begin{vmatrix}A & A_z\\ H & H_z\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}B & B_z\\ G & G_z\end{vmatrix}=A_y-B_x.$$

Utilisons maintenant les relations :

$$G=\frac{A-1}{4B},\qquad H=\frac{A+1}{4A}$$

découlant de (2), et, intervertissant l'ordre des équations, calculons les expressions suivantes :

$$\begin{vmatrix}A & A_z\\ H & H_z\end{vmatrix}=\frac{A_z}{4}-\frac{(A+1)A_z}{2A};\qquad \begin{vmatrix}B & B_z\\ G & G_z\end{vmatrix}=\frac{A_z}{4}-\frac{(A-1)B_z}{2B};$$

$$\begin{vmatrix}B & B_z\\ H & H_z\end{vmatrix}=B\frac{A_z}{4A}-B\frac{(A+1)A_z}{4A^2}-\frac{(A+1)B_z}{4A};\qquad \begin{vmatrix}A & A_z\\ G & G_z\end{vmatrix}=A\frac{A_z}{4B}-A\frac{(A-1)B_z}{4B^2}-\frac{(A-1)A_z}{4B};$$

$$H_x=\frac{A_x}{4A}-\frac{(A+1)A_x}{4A^2};\qquad G_y=\frac{A_y}{4B}-\frac{(A-1)B_y}{4B^2}.$$

Il résulte maintenant de (10), (9), (8)

$$(11)\qquad A_z-(A+1)\frac{A_z}{A}-(A-1)\frac{B_z}{B}=2(A_y-B_x),$$

$$(12)\qquad A_z-(A+1)\left(\frac{A_z}{A}+\frac{B_z}{B}\right)=\frac{1}{B}\left[A_x-(A+1)\frac{A_x}{A}\right]+2\frac{A}{B}(B_y-A_x),$$

$$(13)\qquad A_z-(A-1)\left(\frac{A_z}{A}+\frac{B_z}{B}\right)=\frac{1}{A}\left[A_y-(A-1)\frac{B_y}{B}\right]+2\frac{B}{A}(B_y-A_x).$$

Ces équations sont linéaires par rapport aux dérivées partielles des fonctions A, B, A.

Le déterminant des coefficients des inconnues A_z, A_z/A, B_z/B est égal à 4, donc $\neq 0$.

D'après le théorème d'existence ([2]), ce système est résoluble par rapport à A_z, $(\partial/\partial_z)(\text{Log}A)$, $(\partial/\partial_z)(\text{Log}B)$. Donc, d'après sa forme, il admet une solution fonction holomorphe de x, y, z, telle que pour $z=0$, les fonctions A, Log A, Log B se réduisent à des fonctions holomorphes données de x, y. Ces remarques rejoignent celles faites en l'Ouvrage de Darboux par une autre méthode ([3]).

(*) Séance du 1er octobre 1956.
([1]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2462.
([2]) E. Goursat, *Cours d'Analyse*, **2**, 7e éd., 1949, p. 394.
([3]) G. Darboux, *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, 2e éd., 1910, p. 4.

MÉCANIQUE. — *Une extension des liaisons non holonomes.*
Note de M. **Victor Vâlcovici**, présentée par M. Henri Villat.

En partant de l'idée que la liaison signifie une entrave pour le déplacement infinitésimal du point et non une condition pour la vitesse, on arrive à une extension de la classe des liaisons non holonomes telles que le principe du travail virtuel puisse être utilisé. Les liaisons scléronomes plus générales que celles ordinairement donnée continuent à fournir un travail élémentaire nul des réactions de liaison.

1. On exprime d'habitude les liaisons concernant un système de points matériels par des relations de la forme

$$(1)\qquad f(q,\dot q,t)=0,$$

si l'on désigne par q le vecteur de position dans l'espace des configurations, par $\dot q$ la vitesse du point représentatif et par t le temps. Une liaison quelconque est appelée holonome s'il est possible de remplacer la relation (1) qui y correspond, par une autre, équivalente à elle, ne contenant pas $\dot q$; dans le cas contraire elle est appelée non holonome.

Le caractère artificiel de cette classification purement formelle des liaisons

est dû en grande partie à leur expression fonctionnelle (1) qui ne tient compte qu'indirectement de la nature géométrique de la liaison; car directement la liaison est une obligation de nature géométrique imposée au *déplacement* infinitésimal du point, et non à ses *coordonnées* ou à sa *vitesse*. La structure mathématique de la Mécanique est née du but que celle-ci se propose de poursuivre à chaque instant le déplacement du mobile d'une position connue, dans une autre voisine, de sorte que la liaison devrait préciser à chaque instant les conditions auxquelles ce déplacement doit être soumis.

En adoptant cette manière de voir, on aura aussi l'avantage d'une remarquable extension, sans aucun effort, de la classe des liaisons que l'on peut traiter toujours par les procédés connus de la Mécanique, au-delà des frontières des plus générales liaisons non holomones considérées jusqu'à présent. En même temps on peut montrer que les principes variationnels de la Mécanique continuent à exister même pour cette nouvelle classe élargie de liaisons.

2. En désignant par $d\bar{r}_i$ le déplacement infinitésimal d'un système de n points ayant les vecteurs de position $\bar{r}_i (i=1, 2, \ldots, n)$ nous admettrons que la liaison s'exprime par une forme linéaire des variables $d\bar{r}_1, d\bar{r}_2, \ldots, d\bar{r}_n$, et dt ($t=$ temps)

$$(2) \qquad \Omega_j \equiv \sum_{i=1}^{n} \bar{\alpha}_{ij}\, d\bar{r}_i + \beta_j\, dt = 0 \qquad (j=1, 2, \ldots, m);$$

les vecteurs $\bar{\alpha}_{ij}$ et les scalaires β_j sont des fonctions définies, continues et dérivables (¹) par rapport aux arguments :

$$(3) \qquad t, \bar{r}_1, \ldots, \bar{r}_n; \quad \dot{\bar{r}}_1, \ldots, \dot{\bar{r}}_n; \quad \ddot{\bar{r}}_1, \ldots, \ddot{\bar{r}}_n$$

dans un certain domaine D′ constitué par le domaine spatial D convenable au problème, auquel on adjoint le domaine de variation des vitesses et des accélérations. Nous supposerons que le mouvement soumis à ces liaisons ainsi qu'aux conditions initiales est possible.

La liaison exprimée par une relation (2) correspondant par exemple à la valeur ν de l'indice j ($\nu \in 1, 2, \ldots, n$) sera dite *distincte* si la relation (2) pour $j=\nu$ ne peut être déduite comme une conséquence des équations de mouvement soumises aux autres $m-1$ liaisons de la forme (2); si au contraire une telle déduction est possible nous dirons que la liaison $j=\nu$ *est non distincte* (²). Nous dirons également que les liaisons exprimées par les m relations (2) sont *distinctes entre elles* si la relation

$$\sum_{j=1}^{m} k_j \Omega_j = 0$$

n'est possible que pour les valeurs $k_j = 0$ ($j=1, 2, \ldots, m$).

Il s'ensuit que si toutes les m liaisons exprimées par les relations (2) sont *distinctes*, elles seront également *distinctes entre elles*.

Une classe particulière de liaisons qui jouent un rôle important dans la Mécanique est la classe des liaisons *scléronomes*. Une liaison $j=\nu$ sera dite *scléronome* si l'on a

$$\beta_\nu = 0$$

dans son expression (2). Le système des points sera dit *scléronome* si toutes les liaisons le concernant sont scléronomes ($\beta_j=0, j=1, 2, \ldots, m$).

Il s'ensuit que le travail des réactions de liaison est nul et que par conséquent, *les réactions de liaison peuvent être ignorées dans l'expression du théorème de l'énergie si le système est scléronome.*

Dans la définition du système scléronome nous avons supposé que les $\overline{\alpha}_{ij}$ peuvent dépendre explicitement de tous les arguments (3).

Si pourtant la liaison $j=\nu$ est scléronome et holonome à la fois, c'est-à-dire si l'on peut la remplacer par une relation en termes finis $f=0$, f ne dépendant pas explicitement des vitesses et des accélérations, alors f ne dépendra pas de t explicitement.

On démontre que la propriété d'un système d'être scléronome dans le sens général défini ci-dessus ($\beta_j=0; j=1, 2, \ldots, m$) est invariante par rapport aux changements de coordonnées, en particulier, lorsqu'on passe des coordonnées cartésiennes aux coordonnées généralisées.

(1) Pour arriver aux équations du mouvement du système on pourrait se dispenser des conditions de continuité.

(2) On trouvera un exemple d'une telle liaison non distincte dans la Note de M. O. Bottema (*Quart. appl. Math.*, **13**, 1955, p. 191-192) où l'auteur prend une intégrale première du problème pour une liaison non holonome.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un comparateur de niveaux de liquides.* Note (*) de M. **Pierre Van Eepoel**, transmise par M. Frans van den Dungen.

L'appareil de mesure est constitué par l'ensemble rigide d'une nivelle et de deux flotteurs. Il flotte sur les liquides dont on désire mesurer la différence des niveaux. La lecture est directe. Elle ne nécessite aucun réglage ni mise en station. On peut mesurer des différences de pression de gaz ou de liquides aussi facilement qu'avec un manomètre à tube U mais avec des grandisssements pouvant être supérieurs à 1 000.

Reportons-nous au schéma ci-après. La lecture l, la mesure m et le coefficient d'amplification G_n de la nivelle sont liés par la relation

$$G_n = \frac{l}{m} = \frac{r}{b}.$$

Comme l'ensemble est rigide et que seule la bulle de gaz ou la goutte de mercure de la nivelle se déplace, la répartition des poids et les sollicitations ne dépendent que de la lecture l. Les déformations élastiques et les variations

d'immersion des flotteurs seront donc incluses dans l'étalonnage de l'appareil. Si G_H est le coefficient d'amplification de l'appareil, on a

$$\frac{1}{G_H} = \frac{1}{G_n} - \frac{B}{\cos\alpha},$$

B est une constante de l'appareil et $\cos\alpha$, proche de l'unité, peut en général être considéré comme constant.

Fig. 1.

La suspension de la nivelle sur deux flotteurs est parfaitement isostatique. L'ensemble se dilate librement. L'appareil n'a pas à être touché de la main. Il peut être complètement enfermé, ce qui le met à l'abri des échauffements locaux et permet de le mettre à une pression quelconque.

Fig. 2.

Fig. 3.

Entièrement en verre, les dilatations de b et de r sont proportionnelles et le coefficient d'amplification est indépendant de la température pourvu qu'elle soit uniforme. Seules les imperfections locales de la courbure de la nivelle donnent lieu à une influence secondaire de la température due à la variation de longueur de la bulle.

Une nivelle présentant une variation continue du rayon de courbure permettrait de réaliser toute forme désirée de la courbe de l'étalonnage accroissant par exemple la sensibilité aux faibles dénivellations ou linéarisant une graduation.

Un poids additionnel ou mobile permet de déplacer le zéro et d'élargir l'étendue de mesure tout en conservant une grande sensibilité.

Pour la mesure de différences de pressions de gaz, la disposition de l'appareil est renversée. La nivelle est immergée, ce qui pourrait faciliter l'amplification optique de la lecture.

La stabilité de la lecture impose une condition facile à établir et à réaliser.

L'étalonnage de l'appareil se fait aisément en le faisant flotter dans des récipients de sections connues dans lesquels on ajoute des volumes connus de liquide ou de solide. Les variations d'immersion des flotteurs nécessitent, lors de l'étalonnage, une correction facile à déterminer.

Un appareil expérimental donne pour G_{II} environ 250. La lecture est possible sur 500 mm. L'étendue de mesure sans poids additionnel est de 2 mm. L'étalonnage est reproductible à ± 3 mm soit ± 12 μ sur les ΔH.

Un autre appareil donne pour G_{II} environ 1885. La lecture est possible sur 50 mm. L'étalonnage sur de grandes cuvettes est reproductible à ± 1 μ sur les ΔH. Il est utilisé pour rechercher l'influence des mouillants ainsi que le meilleur compromis entre la dimension des flotteurs et des cuves des manomètres.

L'appareil présenté ouvre de grandes possibilités notamment pour la mesure des débits sans introduction de pertes de charges nouvelles.

(*) Séance du 1er octobre 1955.

HYDRAULIQUE. — *Réflexion et transmission d'une intumescence à un changement de section dans un canal découvert.* Note (*) de M. **Jean Nougaro**, transmise par M. Léopold Escande.

Relations qui permettent un calcul simple de la surélévation consécutive au passage d'une intumescence à un changement de section. Vérifications expérimentales de ces relations.

La présente Note a pour objet la détermination des valeurs des ondes réfléchies et transmises à un changement de section d'un canal, dans le cas d'un mouvement transitoire.

Considérons un canal à section rectangulaire : au changement de section la largeur passe de la valeur l' à la valeur l.

A la suite de la coupure brusque du débit Q_0 (vitesses dans les deux tronçons W'_0 et W_0) une onde de hauteur h_1 se superpose au tirant d'eau H_0.

Au changement de section, cette intumescence donne naissance à une onde réfléchie h_2 et à une onde transmise h'_1, cette dernière se superposant au tirant d'eau H'_0 (*fig.* 1).

En considérant les célérités successives

$$c_1 = a_0 - W_0 \quad \text{de l'intumescence } h_1,$$
$$c_2 = a_0 + W_0 \quad \text{»} \quad h_2,$$
$$c'_1 = a'_0 - W'_0 \quad \text{»} \quad h'_1,$$

l'équation de continuité permet d'écrire

$$Q_0 - (a_0 - W_0)(H_1 - H_0)\, l = (a'_0 - W'_0)(H'_1 - H'_0)\, l' + (a_0 + W_0)(H_2 - H_1)\, l.$$

En tenant compte de la perte de charge due à l'élargissement de section, on a, en régime permanent

$$H'_0 + \frac{W'^2_0}{2g} = H_0 + \frac{W^2_0}{2g} + \frac{(W'_0 - W_0)^2}{2g}.$$

La méthode graphique de calcul des intumescences que nous avons proposée ([1]) permet le calcul de H_1,

$$H_1 = H_0 \frac{a_0}{a_0 - W_0}.$$

En remplaçant ainsi H'_0 et H_1 par leurs valeurs dans la relation de continuité et en posant $m = l/l'$ on aboutit à la relation

$$(1) \qquad H_2 m (a_0 + W_0) - \frac{Q_0}{l'} + H'_1 (a'_0 - W'_0)$$
$$= m H_0 \frac{a_0^2 + W_0^2}{a_0 - W_0} + (a'_0 - W'_0)\left[H_0 + \frac{W_0}{g}(W_0 - W'_0)\right].$$

En outre, en appliquant le théorème de la quantité de mouvement, on obtient aisément

$$H_1 - H_2 = -\frac{H_2 W_0^2}{W_0^2 - g H_2}\, \frac{l - l'}{l}$$

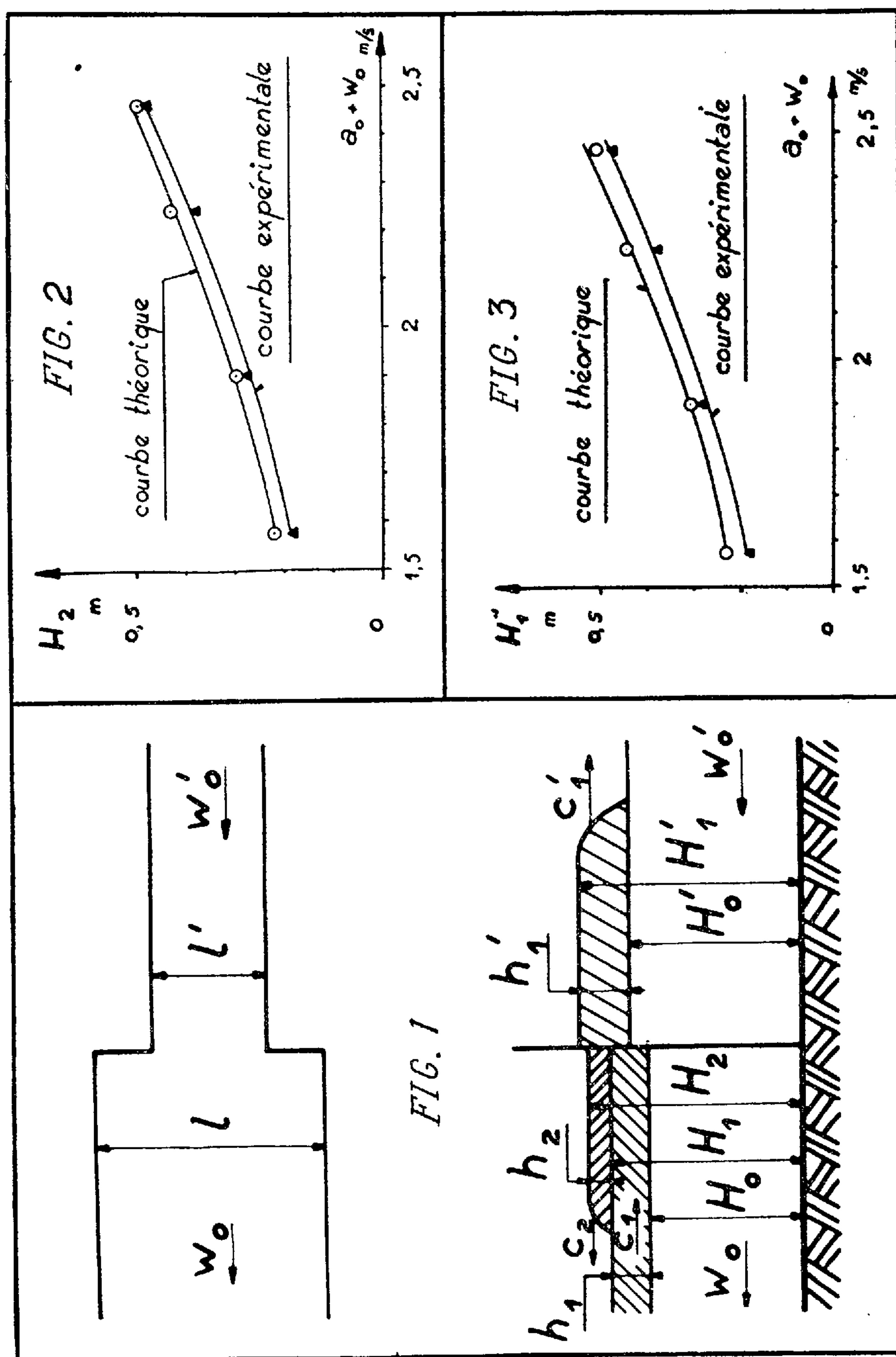
ou

$$(2) \qquad H'_1 = H_2 \frac{m g H_2 - W_0^2}{m(g H_2 - W_0^2)}.$$

Les deux relations (1) et (2) permettent de calculer en fonction des conditions initiales les valeurs de H'_1 et H_2.

Pour vérifier ces relations, des expériences ont été réalisées dans un canal de 24 m de longueur, à section rectangulaire (largeur de 0,40 m; hauteur d'environ 0,60 m).

La section rétrécie est exécutée à 10 m de l'extrémité aval du canal par deux séries de dalles d'épaisseur égale à 0,055 m.



Quatre expériences ont été réalisées; les régimes permanents sont définis par les valeurs suivantes :

$Q_0 = 0{,}0235$ m³/s,	$H_0 = 0{,}101$ m,	$W_0 = 0{,}5817$ m/s,
0,0414 m³/s,	0,177 m,	0,585 m/s,
0,06795 m³/s,	0,2275 m,	0,7465 m/s,
0,0892 m³/s,	0,300 m,	0,743 m/s.

La coupure brusque de ces débits provoque la formation de l'intumescence initiale. Des enregistrements graphiques permettent de connaître les valeurs du tirant d'eau réfléchi H_2 et du tirant d'eau transmis H'_1.

L'application des relations (1) et (2) fournit deux autres groupes de valeurs de H_2 et H'_1.

La comparaison entre les valeurs expérimentales et théoriques est résumée par les figures 2 et 3. Elle justifie d'une manière satisfaisante les relations proposées.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1689.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Étude des termes à plusieurs mésons dans l'équation de Chew et Low.* Note de M. **Roland Omnes**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une équation intégrale linéaire a été obtenue pour la matrice de production d'un méson supplémentaire par un méson dans l'approximation du nucléon statique.

Nous avons fait l'étude des termes à plusieurs mésons dans l'approximation du nucléon statique par la méthode de G. C. Wick (1), G. F. Chew et F. E. Low (2) afin d'estimer l'importance des termes à plusieurs mésons dans l'équation de Low et de calculer approximativement la section efficace de production d'un méson supplémentaire par choc d'un méson sur un nucléon, la méthode de Tamm-Dancoff donnant des résultats trop faibles pour celle-ci (3), (4).

La matrice de réaction $T_q(p_1 p_2)$ (où q, p_1 et p_2 caractérisent l'impulsion, la charge et le moment angulaire du méson initial et des mésons sortants) est donnée par

$$(1)\quad \langle \Psi_0 | V_q(H+\omega_q)^{-1} V_2^*(H+\omega_1)^{-1} V_1^* + V_1^*(H-\omega_1-i\varepsilon)^{-1} V_q (H+\omega_2)^{-1} V_2^* + V_1^*(H-\omega_1-i\varepsilon)^{-1} V_2^*(H-\omega_q-i\varepsilon)^{-1} V_q | \Psi_0 \rangle + \text{permutation des indices 1 et 2},$$

où

$$(2)\quad V(k) = (3\pi)^{-\frac{1}{2}} f k^{\frac{3}{2}} v(k) \sigma_i \tau_\lambda.$$

A l'aide, 1° des équations du type de Wick (1) (équation suivant C 3) pour évaluer $V(H+x)^{-1}$, 2° de l'équation suivante pour l'action d'un opérateur

annihilation sur un état propre de diffusion :

$$(3)\quad a_q\,|p_1p_2+\rangle = \delta_{qp_1}|p_2+\rangle + \delta_{pq_2}|p_1+\rangle - (\mathrm{H}+\omega_q-\mathrm{E}-i\varepsilon)^{-1}\mathrm{V}_q^*\,|p_1p_1+\rangle$$

(équation que l'on peut généraliser à un état à nombre quelconque de mésons), 3° de la séparabilité de la dépendance de V en fonction de l'impulsion du méson, on peut établir l'équation suivante :

$$(4)\qquad \mathrm{T}_{p_1p_2(q)} = -\sum_n \frac{\mathrm{T}^*_{p'_1p'_2}(n)\,\mathrm{T}_q(n)}{\mathrm{E}_n+\omega_q}\,\frac{\Omega(p_1)\,\Omega(p_2)}{\Omega(p'_1)\,\Omega(p'_2)} - \sum_n \frac{\mathrm{T}^*_q(n)\,\mathrm{T}_{p_1p_2}(n)}{\mathrm{E}_n-\omega_q-i\varepsilon}$$

et une équation analogue pour $\mathrm{T}_q(p_1p_2)$ où $\Omega(p) = p^{3/2}\varphi(p)$.

$$\omega'_1 = \omega_2 + \mathrm{E}_n,\qquad \omega'_2 = \omega_1 + \mathrm{E}_n,\qquad p'_1\,p'_2$$

caractérisent des mésons de même charge et moment angulaire que p_1 et p_2 mais d'énergies ω'_1 et ω'_2 ; n désigne un système complet d'états d'énergie E_n Le second terme est indépendant du modèle et traduit l'unitarité de la matrice de diffusion S ainsi que la condition de causalité, le premier terme n'a pu être mis sous cette forme simple que grâce aux propriétés spécifiques du modèle utilisé. Il se trouve cependant que les seuls éléments qui y figurent ayant une importance numérique peuvent être établis de façon générale. La forme de cette équation est donc générale et non réduite au modèle du nucléon statique, tout comme l'équation de F. E. Low (²), (⁵).

Nous avons abordé la résolution de l'équation (4) en limitant la sommation aux états n à zéro ou un méson, ce qui, après séparation de T en termes de spin isobarique et de moment angulaire conduit à l'équation de Fredholm suivante, pour un spin isobarique et un moment angulaire donnés :

$$(5)\quad \mathrm{T}(\omega_1\omega_2\omega_q) = \frac{b(\omega_1\omega_2)}{\omega_q} + \frac{1}{\pi}\int_1^\infty \left\{ \mathrm{T}(\omega_1\omega_2\omega)\frac{e^{-i\delta}\sin\delta}{\omega-\omega_q-i\varepsilon} + \sum_\beta \mathrm{A}_{\alpha\beta}\frac{e^{i\delta_\beta}\sin\delta_\beta}{\omega_1+\omega}\mathrm{T}(\omega'_1\omega'_2\omega) \right\} d\omega,$$

où b et les déphasages δ sont connus, le second terme dans l'intégrale étant d'ailleurs négligeable.

L'intérêt de cette équation est sa linéarité qui entraîne l'existence et des propriétés intéressantes de la solution. Elle est de plus d'une étude numérique aisée et permet de tenir compte des termes négligés dans (4) par itération et perturbation. Enfin, elle relie la section efficace de production d'un méson directement aux déphasages de diffusion.

Le passage de $\mathrm{T}p_1p_2(q)$ à $\mathrm{T}q(p_1p_2)$ est immédiat.

(¹) *Rev. Modern Phys.*, 27, 1955, p. 339.
(²) *Phys. Rev.*, 101, 1956, p. 1570.
(³) B. d'Espagnat, *Dan. Nat. Fys. Medd.*, 28, nº 11, 1954.
(⁴) M. Nelkin, *Thèse* (Cornell University).
(⁵) *Phys. Rev.*, 97, 1955, p. 1392.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Représentation possible de la théorie des probabilités dans l'espace-temps relativiste (cas d'un seul point aléatoire).* Note de M. **Philippe Leruste**, présentée par M. Louis de Broglie.

En relativité, si l'on définit dans un repère galiléen la loi de probabilité d'un point aléatoire, dans un autre repère galiléen le temps devient une variable aléatoire à cause de la transformation de Lorentz

$$x'=\frac{x-\frac{v^2t}{c}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},\qquad t'=\frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

ce qui conduit à une difficulté d'interprétation ([1]), et le but de cette Note est de montrer une voie possible.

Soit dans l'espace-temps relativiste une surface σ du genre espace. Nous admettrons qu'il existe sur cette surface une loi de répartition du point aléatoire M, loi définie par la probabilité élémentaire $dF_{(\sigma)}$, cette quantité ne dépendant que de la surface σ et étant en particulier *indépendante du choix des coordonnées de l'espace-temps*. Cette quantité doit donc avoir la grandeur tensorielle zéro, c'est-à-dire être un scalaire.

En probabilité classique, la probabilité élémentaire

$$dF=f.dV \tag{1}$$

est le produit d'une densité de probabilité f, qui caractérise localement la distribution, par l'élément de volume dV, qui caractérise la grandeur du volume infinitésimal considéré. Ici la grandeur tensorielle correspondant au volume dV est l'élément de 3-surface relatif à σ. C'est un tenseur complètement antisymétrique du 3ᵉ rang ([2]). Nous utiliserons ici son vecteur dual $d\sigma_\mu$. Dès lors si l'on veut conserver pour $dF_{(\sigma)}$ la forme (1) il faut que le correspondant de la densité f soit un quadrivecteur f_μ de l'espace-temps afin que $dF_{(\sigma)}$ soit un scalaire.

$$dF_{(\sigma)}=f_\mu\, d\sigma^\mu. \tag{2}$$

Nous appellerons f_μ vecteur densité de courant de probabilité.

La probabilité de trouver M dans un domaine Σ de σ est la somme des probabilités élémentaires, soit

$$P_\Sigma=\int_\Sigma dF_\sigma=\int_\Sigma f_\mu\, d\sigma^\mu, \tag{3}$$

c'est le flux du vecteur f_μ à travers Σ.

En particulier si l'on impose que le point aléatoire M traverse de façon certaine *toute* surface σ de genre espace, alors :

— f_μ doit être de genre temps pour que toutes les lignes de courant du fluide de probabilité traversent σ;

— on doit avoir

(4) $$P_\sigma = \int_\sigma f_\mu \, d\sigma^\mu = 1,$$

avec comme conséquence :

(5) $$\partial^\mu f_\mu = 0.$$

Le formalisme probabiliste auquel conduisent ces remarques est donc analogue à celui d'un fluide relativiste conservatif.

Par ailleurs, lorsque σ est un plan $t = \text{const.}$, la quantité $f_\mu \, d\sigma^\mu$ se réduit à $f_0 \, d\sigma^0$. La densité de probabilité sur ce plan est donc la composante de temps d'un quadrivecteur. Ce résultat existe déjà implicitement en théorie de Dirac où $\psi^\star\psi$ (c'est l'expression en mécanique ondulatoire de la densité de probabilité) est la composante de temps d'un quadrivecteur.

(1) M. Loève, *Probability Theory* (Van Nostrand).

(2) Costa de Beauregard, *Théorie de la relativité restreinte*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Introduction du vecteur spin dans le fluide de Weyssenhoff*. Note de M. **Francis Halbwachs**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la représentation d'un fluide à spin relativiste, on remplace le tenseur de Weyssenhoff $s_{\mu\nu}$ par le quadrivecteur $\sigma_\mu = (1/c)\, \overline{s_{\mu\nu}}\, u^\nu$. Ce quadrivecteur est orthogonal au courant et à l'accélération. Il se conserve au cours du temps lorsqu'on suit le mouvement d'une particule.

On sait que dans son modèle de fluide à spin relativiste, Weyssenhoff (1) caractérise la rotation interne par un tenseur antisymétrique du second ordre $s_{\mu\nu}$ qu'il suppose orthogonal au courant, et qui a par conséquent la variance d'une densité de moment électrique et magnétique propre. M. Louis de Broglie (2) a fait remarquer que ce tenseur ne représente pas en général correctement le spin, ou densité de moment cinétique propre, que des considérations relativistes l'ont amené à identifier à un quadrivecteur.

Considérons un fluide de Weyssenhoff caractérisé par le tenseur $s_{[\mu\nu]}$ tel que $s_{\mu\nu} u^\nu = 0$. Pour définir le spin, nous partirons de la remarque de M. Louis de Broglie (2) suivant laquelle, *dans le système propre*, où le tenseur de Weyssenhoff est un tenseur d'espace $(s_{ij})_0$, le spin s'identifie avec le dual d'espace de ce tenseur

(1) $$(\sigma_k)_0 = \varepsilon_{ijk}(s^{ij})_0, \qquad \text{avec} \quad (\sigma_4)_0 = 0.$$

Si nous rapportons les tenseurs à un système quelconque, on a

$$\boxed{\sigma_\mu = \frac{i}{c}\, \varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}\, s^{\alpha\beta} u^\nu = \frac{1}{c}\, \overline{s_{\mu\nu}}\, u^\nu,}$$

ce qui peut être considéré comme la *définition covariante* du spin à partir du tenseur de Weyssenhoff. Cette définition entraîne évidemment la relation de Costa de Beauregard ([3])

(2) $$\boxed{\sigma_\mu u^\mu = 0,}$$

mais qui ne constitue plus ici une hypothèse supplémentaire.

Nous pouvons résoudre la relation (1) dans le système propre par rapport à s^{ij} : $(s^{ij})_0 = \varepsilon^{ijk}(\sigma_k)_0$, ce qui donne dans un système quelconque, en tenant compte de ce que $(s^{i4})_0 = 0$

$$\boxed{s^{\alpha\beta} = \frac{i}{c}\varepsilon^{\alpha\beta\mu\nu}\sigma_\nu u_\mu = \frac{1}{c}\overline{u^\alpha\sigma^\beta}.}$$

Nous pouvons alors introduire le spin σ_μ à la place du tenseur $s^{\alpha\beta}$ dans les équations de Weyssenhoff.

1. On a

$$\mu_0 c^2 \dot{u}^\mu + s^{\mu\nu}\ddot{u}_\nu = 0 \qquad \text{(Weyssenhoff)}$$

(on désigne par un point la dérivée d'une densité le long d'une ligne de courant : $\dot{a} = \partial_\nu(u^\nu a)$]. Multiplions par σ_μ. Il vient, en remarquant que $s^{\mu\nu}\sigma_\mu = 0$

$$\boxed{\sigma_\mu \dot{u}^\mu = 0.}$$

Le spin est orthogonal à l'accélération, et comme $\dot{u}^\mu$ est également dans l'espace propre

(3) $$u^\mu \dot{u}_\mu = 0,$$

on voit que, dans l'espace propre, le spin $\boldsymbol{\sigma}$ est perpendiculaire à l'accélération $\dot{\mathbf{V}}$.

Dautre part, en dérivant $\sigma^\mu u_\mu = 0$, on a

$$\dot{\sigma}^\mu u_\mu + \sigma_\mu \dot{u}_\mu = 0,$$

d'où une nouvelle relation

(4) $$\dot{\sigma}^\mu u_\mu = 0.$$

2. On a encore $\dot{s}_{\mu\nu} = g_\mu u_\nu - g_\nu u_\mu$ (Weyssenhoff) (g_μ est l'impulsion, non colinéaire à la vitesse). Si l'on dérive l'expression de $s_{\mu\nu}$, il vient

$$\dot{s}_{\mu\nu} = \frac{i}{c}\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}(u^\alpha\dot{\sigma}^\beta + \sigma^\beta\dot{u}^\alpha) = g_\mu u_\nu - g_\nu u_\mu.$$

D'où

$$i\varepsilon^{\mu\nu\lambda\rho}(g_\mu u_\nu - g_\nu u_\mu) = -\frac{1}{2c}(u^\lambda\dot{\sigma}^\rho + \sigma^\rho\dot{u}^\lambda - u^\rho\dot{\sigma}^\lambda - \sigma^\lambda\dot{u}^\rho).$$

En multipliant par u_λ, le premier membre s'annule

$$u^\lambda u_\lambda\dot{\sigma}^\rho + \sigma^\rho u_\lambda\dot{u}^\lambda - u^\rho u_\lambda\dot{\sigma}^\lambda - \sigma^\lambda u_\lambda\dot{u}^\rho = 0.$$

Les trois derniers termes sont nuls en vertu des équations (2), (3) et (4) et il reste

$$\boxed{\dot{\sigma}^{\rho} = 0.}$$

Cette importante propriété résulte du reste directement du fait que le spin est perpendiculaire à l'accélération dans l'espace propre. En effet, si nous prenons comme référentiel le système propre s_0 d'un élément du fluide à l'instant o, au bout des temps Δt, le même élément aura pris une certaine vitesse *dans la direction de* $\dot{\mathbf{V}}$ et la transformation de Lorentz n'entraînera aucune variation du vecteur $\boldsymbol{\sigma}$ puisque celui-ci sera perpendiculaire à la vitesse.

Un modèle a été proposé ([4]) qui assimile le fluide de Weyssenhoff à un fluide de toupies relativistes. On voit que la relation $\dot{\sigma}^{\mu} = 0$, rapprochée de la relation de Weyssenhoff sur l'impulsion $\dot{g}^{\mu} = 0$, montre simplement que chaque toupie se déplacera sans subir de modification de son spin ni de son impulsion, c'est-à-dire sans subir aucune action de la part des autres toupies. Ce sont justement ces hypothèses qui ont été choisies pour édifier le modèle en question qui généralise simplement le schéma « matière pure » relativiste habituel.

([1]) *Acta Phys. Pol.*, 9, 1947, p. 8.

([2]) *Théorie des particules de spin* 1/2, Gauthier-Villars, Paris, p. 54.

([3]) *Thèse*, Paris, 1943.

([4]) BOHM, LOCHAK, VIGIER et HALBWACHS, *Séminaire Louis de Broglie*, année 1956 et BOHM, LOCHAK et VIGIER, article à paraître dans le *Physical Review*.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistivité des films métalliques très minces.* Note de Mme **GENEVIÈVE DARMOIS**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans une publication récente ([1]), j'ai proposé une théorie qui donne le coefficient de température (C. T.) de la résistance électrique d'une couche très mince de métal déposée sur support isolant. Cette théorie admet que le métal se dépose en grains séparés entre lesquels existerait un gaz électronique *à deux dimensions*. Le nombre d'électrons par centimètre carré est donné par

$$n_s = 2\,\frac{2\pi mkT}{h^2}\,e^{-\frac{\chi}{kT}} \tag{1}$$

où χ est le travail de sortie d'un électron quittant le métal. La résistance se calcule en appliquant à ce gaz la théorie de Drude-Lorentz; on trouve ainsi pour le courant

$$I = \frac{n_s e^2 \lambda V l}{2 m v L} \tag{2}$$

D'où

$$R = \frac{V}{I} = \frac{Lh^2 v \exp \frac{Z}{kT}}{2\pi k T e^2 \lambda l} \tag{3}$$

L, longueur; l, largeur de l'élément résistant; λ, chemin moyen de l'électron; v, vitesse d'agitation. En utilisant les recherches expérimentale de Mostovetch (²), on peut calculer le rapport v/λ. Pour une certaine résistance de tungstène, on trouve $v/\lambda = 3{,}5.10^{13}$. Pour le cuivre massif, $v = 1{,}25.10^8$ cm : sec et $\lambda = 4{,}2.10^{-6}$ cm, ce qui donne $v/\lambda = 3{,}0.10^{13}$. Cette coïncidence numérique approchée est nettement en faveur de la théorie.

On a déjà proposé de divers côtés une diminution du libre parcours des électrons dans les lames minces (³), mais on ne rend pas compte ainsi du C. T. négatif de la résistivité des films très minces.

Mostovetch a déterminé la résistivité superficielle $\rho_s = Rl/L$ de ses films. Avec son appareillage, la conductance commence à apparaître quand ρ_s est de l'ordre de 10^{13} (ohm; cm)$^{-1}$. D'après (1) et (3), on aurait

$$\rho_s = \frac{2mv}{e^2 \lambda_{n_s}} \tag{4}$$

Si l'on admet v/λ de l'ordre de 3.10^{13}, cela veut dire que n_s est alors de l'ordre de 20-30 000 électrons/cm². Quand le garnissage en métal augmente, n_s augmente, donc ρ_s diminue d'après (4).

Mostovetch a essayé également de voir comment varie la résistivité superficielle avec l'épaisseur déposée. Pour le tungstène il donne une loi de la forme

$$\rho_s = A n^{-10}, \tag{5}$$

où A est une constante et n le nombre moyen des couches atomiques déposées.

D'après notre théorie, les grains, *supposés sphériques*, ont un rayon moyen de xÅ; si l'on admet 1 Å comme rayon de l'atome, chaque grain contiendra environ x^3 atomes. Ces grains sont répartis au hasard; nous leur supposerons cependant, pour simplifier, une répartition régulière, les grains étant par exemple aux sommets de carrés de côtés a(Å). Il y aurait x^3 atomes pour un carré de surface a^2; la densité serait x^3/a^2. Quand $n = 1$, on aurait $x^3 = a^2$ et d'une façon générale

$$\frac{x^3}{a^2} = n. \tag{6}$$

La densité n_s des électrons doit être en rapport avec le garnissage en métal, de sorte que $n_s = B(a^2)^{-p}$. D'après (4), $\rho_s n_s =$ const. Donc

$$\rho_s = C(a^2)^p = C\left(\frac{x^3}{n}\right)^p = C x^{3p} n^{-p} \tag{7}$$

Quand on augmente n, comment varie, x c'est-à-dire la taille des grains?

Si on la suppose constante, la comparaison de (5) et (7) montre que $p = 10$. Dans la thèse de Mostovetch, du tungstène a été déposé sur divers supports : quartz fondu, pyrex, verre Moly; en doublant l'épaisseur moyenne, le rapport des résistances dans les trois cas est 35, 35, 30, soit 33 en moyenne.

Si l'on suppose x constant, on aurait

$$\rho_s^1 = C' n_1^{-p}, \qquad \rho_s^2\, C'(2n_1)^{-p}, \qquad \text{soit} \quad \frac{\rho_s^1}{\rho_s^2} = 33 = 2^p$$

ce qui donne $p = 5,1$.

La taille x des grains n'est probablement pas constante. Admettons au contraire que $p = 10$ et cherchons comment devrait varier x quand on double n. On aura alors

$$\rho_s^1 = C x_1^{-30} n_1^{-10}, \qquad \rho_s^2 = C x_2^{-30} (2n_1)^{-10} \qquad \text{soit} \quad 33 = \left(\frac{x_1}{x_2}\right)^{30} \cdot 2^{10}$$

relation qui donne $\log_{10} x_1/x_2 = \bar{1},95$, soit $x_1/x_2 = 0,9$.

On voit ainsi qu'une très faible variation dans la taille des gouttes de métal rend compte de la loi trouvée par Mostovetch. Le calcul précédent n'est évidemment qu'approximatif; les gouttes ne sont pas sphériques, leur répartition n'est pas uniforme etc. Mais les concordances du calcul approché sont encourageantes.

(1) G. Darmois, *Journ. de Phys.*, 17, 1956, p. 211.
(2) N. Mostovetch, *Thèse*, Paris 1951, *Ann. de Phys.*, 8, 1953, p. 61.
(3) *Voir* par exemple, K. Fuchs, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 34, 1938, p. 100.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Étude des champs de fuite d'une lentille quadrupolaire magnétique*. Note (*) M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une lentille quadrupolaire idéale, le champ magnétique est purement transversal en tout point et sa valeur rigoureusement proportionnelle à la distance à l'axe optique du point considéré. Par suite de la longueur finie l des pièces polaires, ces conditions ne sont strictement réalisées (1) que dans une région centrale de longueur d plus ou moins étendue suivant l'ouverture géométrique a de la lentille ; on a sensiblement $d = l - 2a$. De part et d'autre de cette zone, le champ décroît rapidement ; sa valeur est pratiquement nulle à une distance $\lambda = 4a$ des extrémités des pièces polaires. Dans les zones voisines des extrémités, le champ de fuite présente une répartition notablement différente de celle du champ intérieur. Nous l'avons mesurée et caractérisée de la manière suivante :

1. *Le gradient radial de la composante transversale du champ n'est plus constant dans un plan de cote z*, et une certaine dissymétrie se manifeste au voisinage du

fer. Les figures 1 et 2 représentent la variation de cette composante pour différentes valeurs de la cote z, en fonction de la distance à l'axe. La figure 1 cor-

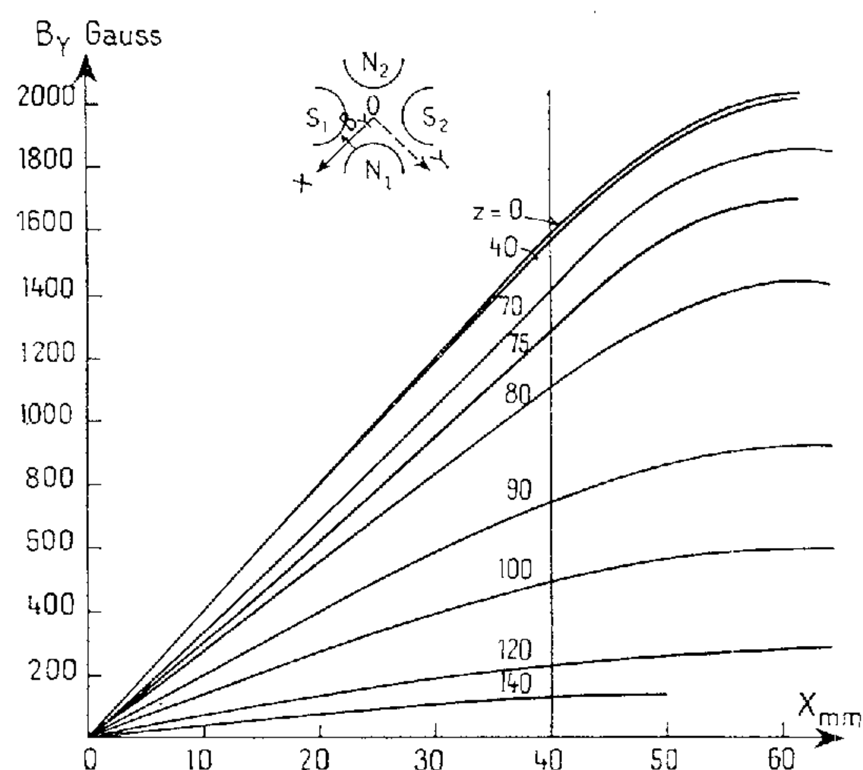


Fig. 1.

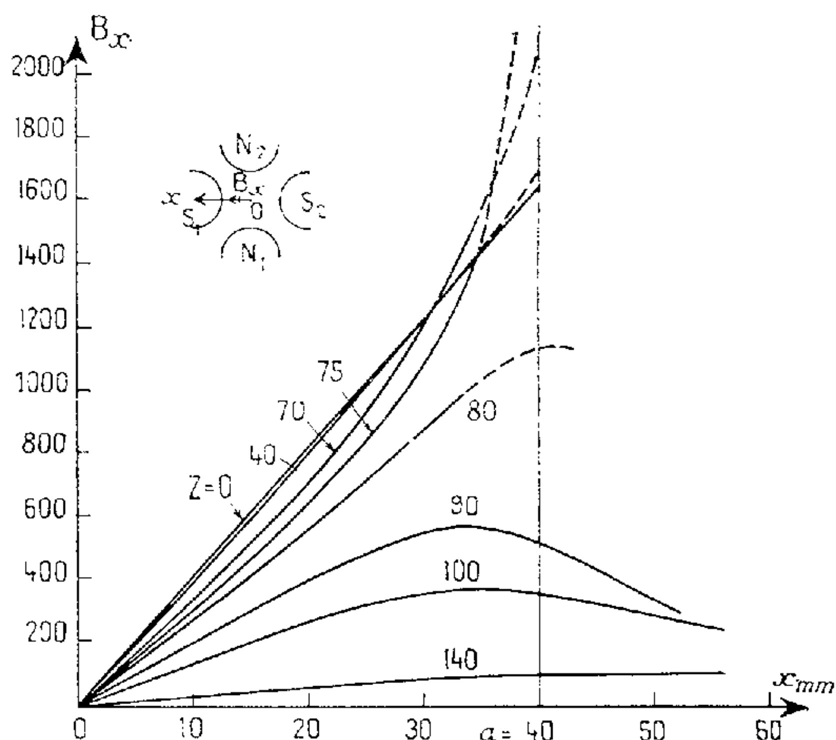


Fig. 2.

respond aux plans de symétrie OX et OY. A partir de $z = 35$ mm, la valeur du gradient décroît régulièrement lorsqu'on s'éloigne de la zone centrale de la

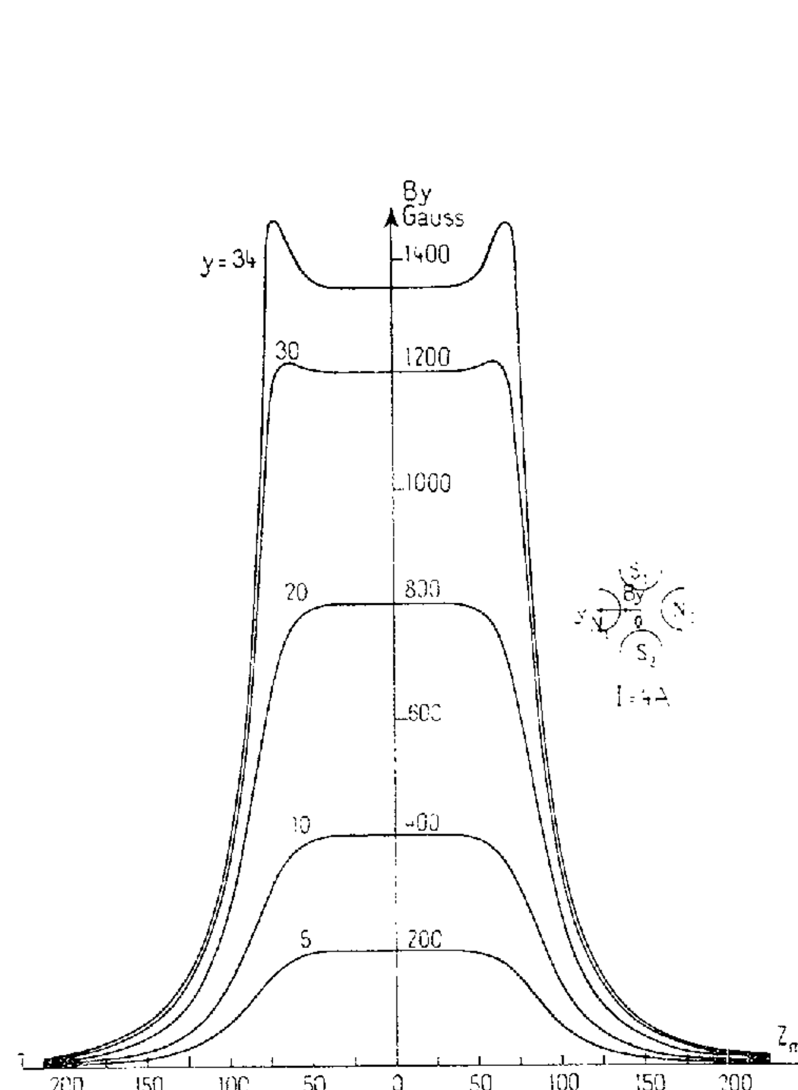


Fig. 3.

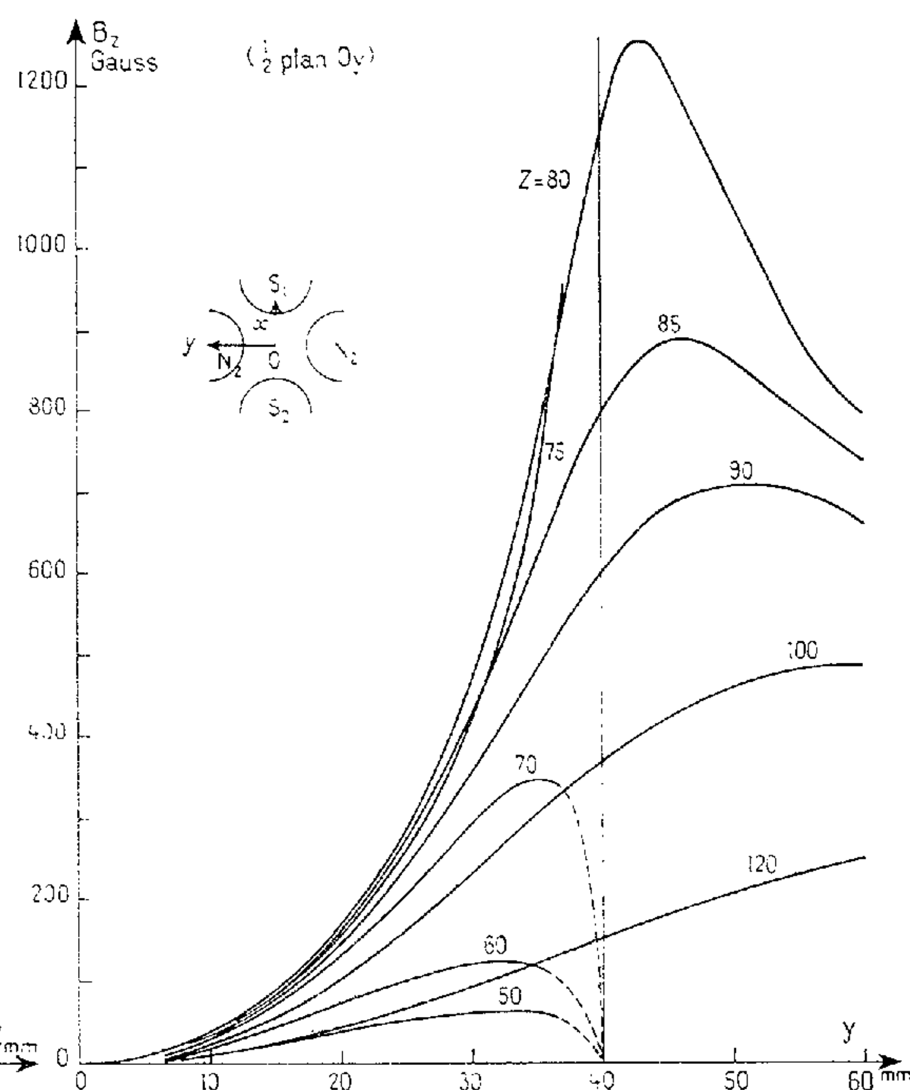


Fig. 4.

lentille. Lorsqu'on s'éloigne de l'axe, on note un faible relèvement du gradient à partir de X, Y = 30 mm sur les courbes relatives à $70 \leq z \leq 80$ mm (l'extré-

mité des pièces polaires correspond à $z = 75$ mm). Cette perturbation est beaucoup plus marquée dans les plans médians Ox et Oy, lorsqu'on s'approche de l'angle des pièces polaires (*fig.* 2). Une sorte d' « effet de pointe » amène B_x et B_y à 2 500 gauss environ sur le fer pour $z = 75$ mm, au lieu de 1600 gauss pour $z = 0$. Cet effet est très apparent sur la figure 3 qui donne la valeur de B_y en fonction de z pour différentes valeurs de y.

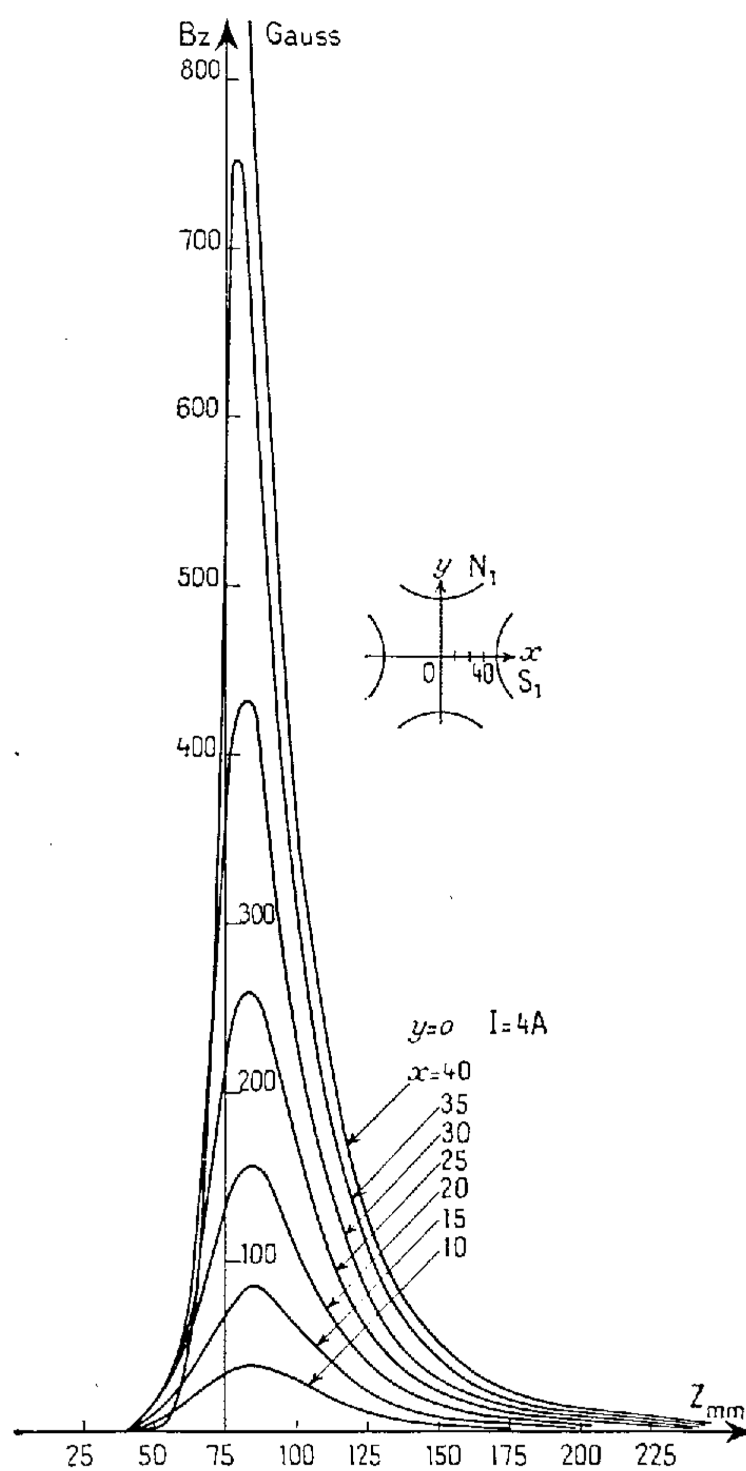


Fig. 5.

2. *Une composante longitudinale* B_z *apparaît.* — Nous l'avons mesurée en tous points grâce à un solénoïde très long, de petit rayon, d'axe parallèle à Oz et vibrant parallèlement à cette direction ([2]). Cette composante, nulle sur l'axe et dans les plans OX et OY, est maximum dans les plans Ox et Oy. Elle atteint de très fortes valeurs au voisinage de l'extrémité des pièces polaires (1600 gauss environ sur le fer pour $z = 75$ mm). Ses variations dans le demi-plan Oy sont portées sur les figures 4 et 5 en fonction de y et z respectivement.

Si l'on fait abstraction de l'orientation du champ et qu'on regarde seulement

la répartition de son intensité, on peut considérer qu'une lentille idéale fournit une répartition de révolution autour de son axe. Ceci cesse d'être vrai dans la zone des champs de fuite, aussi bien pour la valeur globale du champ que pour la valeur de la composante transverse; pour une même cote z, le champ prend, dans les plans Ox et Oy, des valeurs plus fortes que dans les plans OX et OY (sauf dans le proche voisinage de l'axe où les répartitions de la composante transverse sont identiques et où B_z est encore négligeable). Pour réduire au minimum l'importance des aberrations dues aux champs de fuite, il faudra donc utiliser des faisceaux de dimensions transverses réduites (inférieures à $a/2$ par exemple) et des lentilles longues au « plateau central » étendu.

(*) Séance du 1[er] octobre 1956.

(1) A. Septier, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 132.

(2) Gautier, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 684.

SPECTROSCOPIE. — *Origine de la phosphorescence de courte durée de la molécule* N_2. Note (*) de MM. **Louis Herman**, **Albert Salmona** et **Georges Lucas**, transmise par M. Jean Cabannes.

Les intensités mesurées des systèmes $C^3\Pi - B^3\Pi$ et $B^3\Pi - A^3\Sigma$ de N_2 sont comparées aux intensités calculées dans le cas d'une émission par recombinaison radiative. On a tenu compte de la recombinaison directe et de la recombinaison en « cascade ». L'accord assez satisfaisant entre le calcul et l'observation montre que la population très élevée des niveaux de vibration $v' \gg 0$ est essentiellement due à ce processus d'excitation.

On connaît deux phosphorescences de l'azote actif : l'une, de longue durée (10 s à 30 mn), est connue depuis longtemps, l'autre, de courte durée (10^{-4} s), a été mise en évidence plus récemment et son origine est encore mal connue. Le spectre de la première est caractérisé par une distribution d'intensité très particulière où certaines transitions sont prépondérantes (6, v'' et 11, v'') alors que celui de la seconde ne présente pas de sélectivité marquée, mais, seulement une population élevée des niveaux à $v' \gg 0$.

L'analogie entre la phosphorescence de courte durée des atomes et celle des molécules suggère qu'il s'agit, dans les deux cas, d'une excitation par recombinaison radiative entre les ions et les électrons. Pour les molécules, l'application du principe de Franck-Condon permet de déterminer les populations des niveaux de vibration de l'état électronique initial. La concentration moléculaire $N(v')$ au niveau de vibration v' de l'état électronique initial s'obtient en écrivant l'équation de stationnarité qui exprime que le nombre de molécules formées au niveau v' est égal au nombre de molécules quittant ce niveau, par unité de temps et par unité de volume.

La contribution à l'émission de la recombinaison directe, illustrée par le

processus (1), peut être évaluée exactement, les constantes de la molécule $N_2^+(X^1\Sigma)$ étant bien connues. Par contre, la recombinaison indirecte, dite en « cascade », est plus difficile à calculer. En effet, nous avons étudié le spectre d'émission dans le visible et l'ultraviolet proche. Mais une partie importante du spectre étant située dans l'ultraviolet extrême et dans l'infrarouge, il n'était pas possible de tenir compte de toutes les transitions intervenant effectivement dans la cascade. Nous avons donc utilisé l'artifice suivant : l'ensemble de ces niveaux électroniques a été remplacé par un niveau électronique hypothétique H. Les constantes moléculaires de cet état ont été choisies de façon à fournir un accord entre les populations $N_C(v')$, calculées et observées, pour le système $C^3\Pi - B^3\Pi$. Ce même niveau H a ensuite été utilisé pour évaluer la population des niveaux $N_B(v')$ pour la transition $B^3\Pi - A^3\Sigma$. La comparaison aux valeurs mesurées permet de vérifier les hypothèses admises.

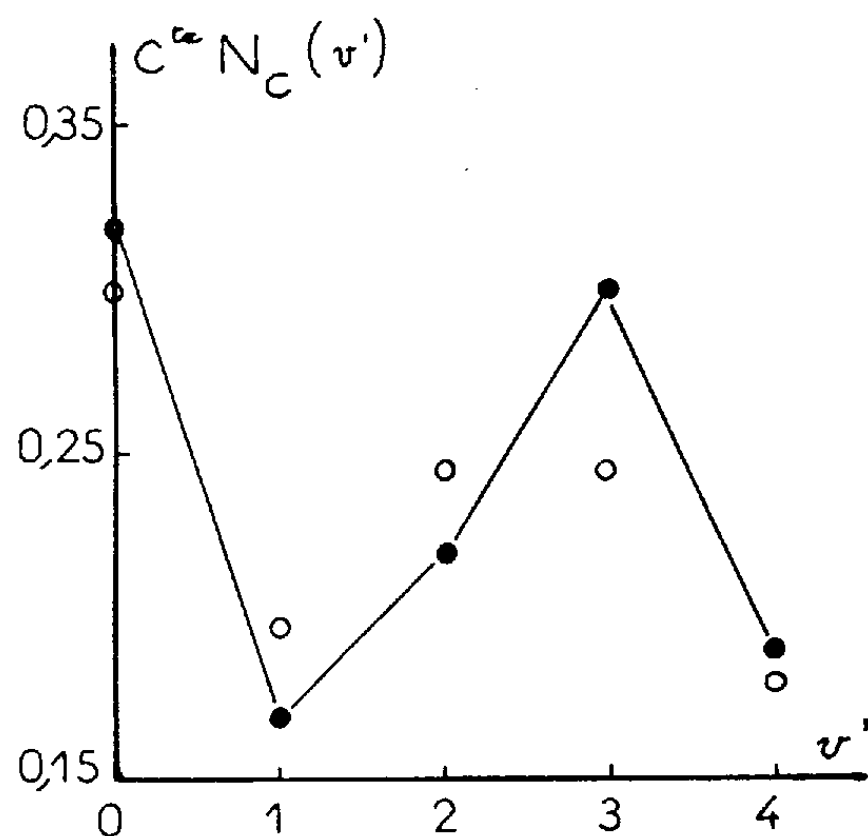
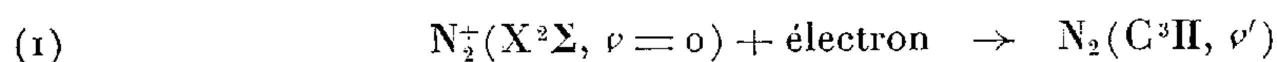


Fig. 1.

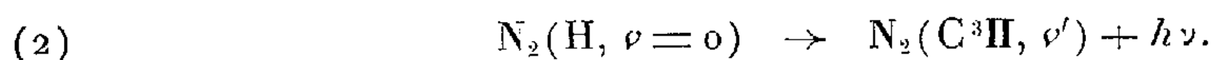
Les valeurs expérimentales de $N_C(v')$ et de $N_B(v')$ ont été déduites de la relation $N(v') = \text{const.}\, J(v', v'')/P(v', v'').\nu^4(v', v'')$, où $J(v', v'')$ est l'intensité relative, $\nu(v', v'')$, la fréquence et $P(v', v'')$, la probabilité de vibration de la bande (v', v'').

Les points de la figure 1 représentent les valeurs mesurées de $N_C(v')$, pour la transition $C^3\Pi - B^3\Pi$, et les cercles, les valeurs calculées en admettant que les recombinaisons directes



(1) $$N_2^+(X^2\Sigma, v = 0) + \text{électron} \rightarrow N_2(C^3\Pi, v')$$

sont trois fois moins fréquentes que les recombinaisons indirectes,



(2) $$N_2(H, v = 0) \rightarrow N_2(C^3\Pi, v') + h\nu.$$

Les constantes moléculaires de l'état H sont $r_e = 1{,}03$ A et $\omega_e = 2\,620$ cm^{-1}. La figure 2 illustre les résultats obtenus dans le cas du système $B\,^3\Pi - A\,^3\Sigma$.

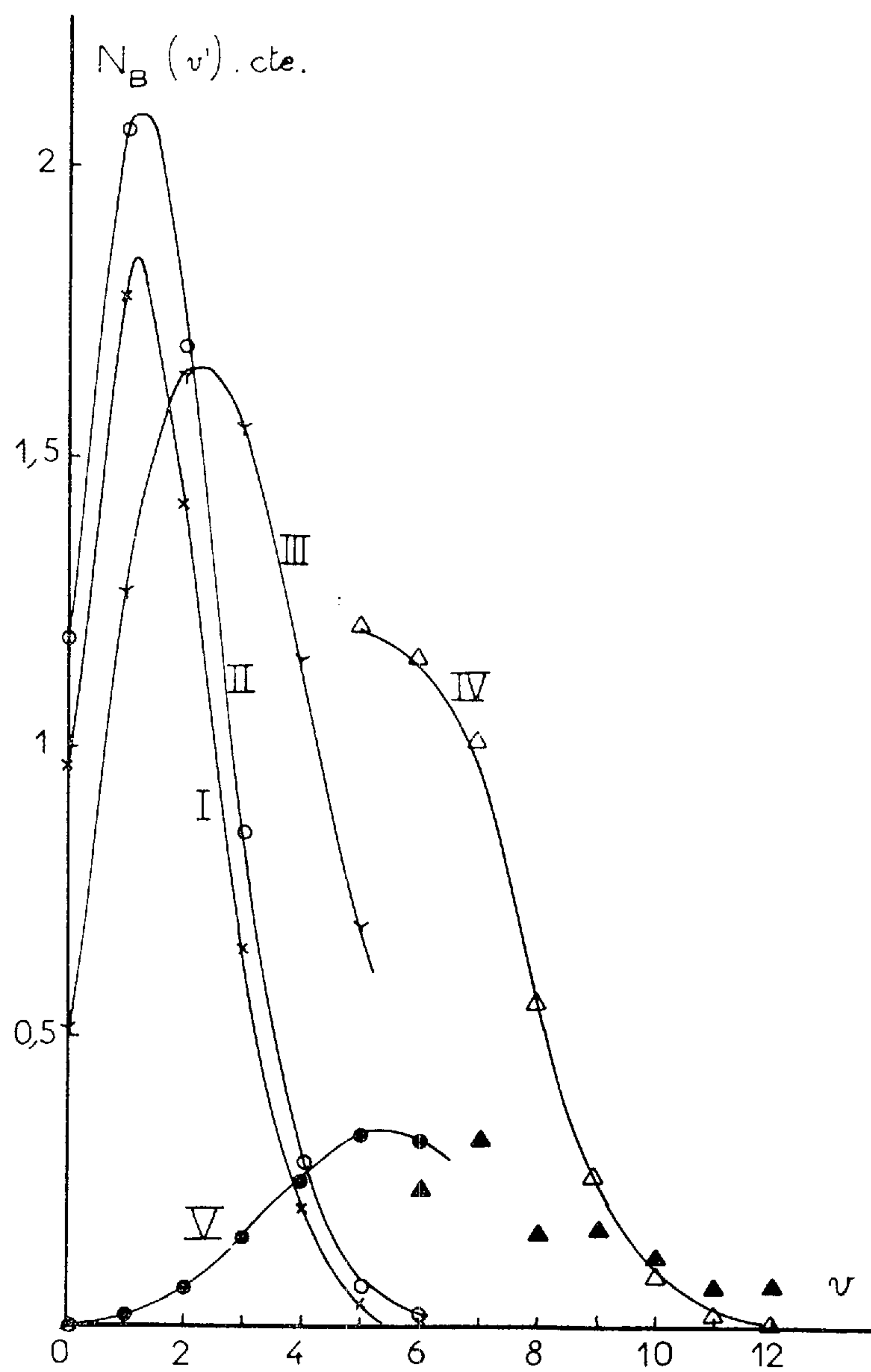


Fig. 2.

La courbe I donne les populations obtenues dans le cas de la recombinaison directe seule. Les courbes II et III correspondent respectivement aux transitions

(3) $$N_2(D\,^3\Sigma,\ v = 0) \rightarrow N_2(B\,^3\Pi,\ v) + h\nu$$

et

(4) $$N_2(C',\ v = 0) \rightarrow N_2(B\,^3\Pi,\ v) + h\nu.$$

La courbe IV à été obtenue à l'aide de la transition

(5) $$N_2(C^3\Pi, v) \rightarrow N_2(B^3\Pi, v);$$

dans ce cas, nous avons utilisé les populations effectivement mesurées de l'état $C^3\Pi$ (*figure* 1). Enfin, la courbe V vient de la transition

(6) $$N_2(H, v=0) \rightarrow N_2(B^3\Pi, v) + h\nu.$$

En dehors de la courbe IV, les populations $N_B(v')$ ont été évaluées pour $v' \leq 6$.

La comparaison des nombres calculés aux nombres mesurés, indiqués par des triangles sur la figure 2, montre que la recombinaison directe peut être négligée et que seuls les processus (5) et (6) peuvent jouer un rôle, pour les niveaux de vibration $6 < v' < 12$ de l'état $B^3\Pi$, considérés ici. Il serait intéressant de prolonger la courbe V jusqu'à $v' = 12$ pour mieux juger de l'importance de processus (6).

En résumé, on constate que, pour mieux rendre compte de la répartition de la population des molécules sur les différents niveaux de vibration de l'état initial des systèmes $C^3\Pi - B^3\Pi$ et $B^3\Pi - A^3\Sigma$, émis en phosphorescence, on doit surtout considérer la recombinaison indirecte. Le fait que, pour deux systèmes différents, on obtient un enrichissement de la population des niveaux élevés par le même processus, rend plausible l'hypothèse de l'émission par recombinaison entre les ions moléculaires et les électrons.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

SPECTROGRAPHIE HERTZIENNE. — *Essai d'interprétation du spectre hertzien du cyclohexanol.* Note de Mme **Lydia Reinisch**, présentée par M. Gaston Dupouy.

J. M. Larnaudie [1] dans sa thèse sur l'interprétation des spectres infrarouge et Raman des dérivés du cyclohexane a pu mettre en évidence que, conformément aux prévisions théoriques, la plupart des dérivés monosubstitués du cyclohexane admettaient deux formes isomères et qu'à chaque température s'établissait un équilibre entre ces deux formes. Pour l'un des isomères le groupement substituant se trouve en position ε, c'est-à-dire parallèle à l'axe trigonal de la forme « chaise »; pour l'autre le substituant en position $\varkappa$ forme un angle de 109° avec cet axe.

Lorsque le groupement substituant est polaire le passage de la forme ε à la forme $\varkappa$ entraîne un changement d'orientation du moment électrique de la molécule et doit se manifester dans le spectre infrarouge ou hertzien de la molécule, selon qu'il s'agit d'un phénomène de résonance ou de relaxation. En fait, comme l'a très justement remarqué F. Dieringer [2],

le mécanisme de l'inversion $\varepsilon \rightleftharpoons \varkappa$ est une relaxation et consiste dans le passage de l'une des formes « chaise » à la forme « chaise » opposée, par l'intermédiaire d'une forme activée. Celle-ci serait d'après certains auteurs ([3]), la forme plane qui correspond à la forme D_{6h} du cyclohexane [énergie d'activation de l'ordre de 31 kcal/mole ([3])] et, d'après d'autres auteurs ([1]), ([2]), ([4]), la forme flexible allongée correspondant à la symétrie D_{2h} du cyclohexane. Dans ce dernier cas l'ordre de grandeur de l'énergie d'activation serait de 14 kcal/mole ([3]).

Seule la seconde hypothèse nous semble compatible avec les observations de J. M. Larnaudie; le temps de relaxation correspondant serait alors à la température ambiante de l'ordre de

$$\tau = 10^{-14} e^{\frac{14\,000}{600}} \sim 10^{-4}\ \text{s}.$$

D'autre part, F. Dieringer a observé pour la cyclohexanone une région de dispersion en ondes centimétriques ($\tau_{21^\circ C} = 10^{-11}$ s) et il a voulu l'attribuer à l'inversion $\varepsilon \rightleftharpoons \varkappa$. Le calcul précédent infirme cet essai d'interprétation.

Dans ce qui suit, nous nous proposons de montrer comment l'hypothèse de l'inversion permet d'interpréter le spectre hertzien du cyclohexanol, qui comprend trois domaines de dispersion.

Le domaine des basses fréquences ($f_c = 66$ MHz à 25° C) a été mis en évidence dans le liquide par Arnoult et ses collaborateurs ([5]), ainsi que par nous-même ([5]). Les mesures de ([6]) fournissent $\Delta E = 11$ kcal/mole, tandis que nous avions trouvé par extrapolation 13 kcal/mole.

Le domaine des basses fréquences subsiste dans le solide ([5]), ([6]), ([7]) et les points de mesure correspondants de tous les expérimentateurs s'alignent bien sur la droite $\ln f_c = f(1/T)$ et donnent $\Delta E = 11{,}5$ kcal/mole.

D'autre part Arnoult et ses collaborateurs mesurent un autre domaine de dispersion à des fréquences plus élevées ($f_c = 1000$ MHz à 25° C). Les indications des auteurs permettent de calculer l'énergie d'activation de ce second domaine; elle est de 8,4 kcal/mole. Ce domaine n'accuse aucune discontinuité de fréquence au passage liquide-solide. En outre, Arnoult et ses collaborateurs prévoient l'existence d'un troisième domaine à très haute fréquence.

L'interprétation que nous proposons est la suivante : le premier domaine (basses fréquences) serait dû à l'inversion $\varepsilon \rightleftharpoons \varkappa$, l'état activé étant une forme flexible allongée. La valeur de ΔE, ainsi que le fait que cette énergie reste pratiquement invariable à la fusion et dans la phase haute température métastable au-dessous du point de transition de — 10° C (mesures de Crowe et Smyth) rend cette hypothèse plausible.

En ce qui concerne le second domaine (hautes fréquences), nous remarquons que l'énergie d'activation correspondante est très exactement

la même que pour la plupart des alcools aliphatiques de C_4 à C_8 ([8]). Nous pensons donc que le mécanisme moléculaire sous-jacent doit être de même origine et qu'il s'agit par conséquent dans ce cas de la destruction du complexe microcristallin par rupture des liaisons hydrogène ([9]). Ce mécanisme semble subsister dans le cyclohexanol à l'état solide, probablement jusqu'à la transition à — 10° C.

Si l'on admet cette interprétation, le troisième domaine (très hautes fréquences) pourrait alors être dû à la rotation gênée de la molécule libre, c'est-à-dire à la rotation de la molécule momentanément libérée du complexe.

Ajoutons encore qu'un examen rapide du matériel expérimental existant pour d'autres dérivés monosubstitués du cyclohexane semble indiquer que tous ces composés possèdent au moins deux domaines de dispersion diélectriques, dont l'un correspond à l'inversion $\varepsilon \rightleftharpoons \varkappa$ et l'autre à la rotation gênée de la molécule entière.

(1) *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 650.

(2) *Z. Phys.*, 145, 1956, p. 184.

(3) C. W. Beckett, K. S. Pitzer et R. Spitzer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2488.

(4) P. Hazebroek et L. J. Oosterhoff, *Disc. Farad. Soc.*, 10, 1951, p. 87.

(5) R. Arnoult, A. Lebrun et C. Boullet, *Arch. Sc.*, 9, 1956; *C. R. du 5e Colloque Ampère*, Genève, 1956, p. 44.

(6) L. Reinisch, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 50 et 564.

(7) R. W. Growe et C. P. Smyth, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 5406.

(8) C. Brot, M. Magat et L. Reinisch, *Koll. Zt.*, 134, 1953, p. 101.

(9) E. Bauer, *Cahiers Phys.*, 1944, n° 20, p. 1 et n° 21, p. 21.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observation de relaxation diélectrique et de déplacements de la température de transition dans le sulfate d'ammonium.* Note (*) de MM. **Serge Le Montagner** et **André Le Traon**, transmise par M. Jean Cabannes.

Des mesures de la constante diélectrique en fonction de la température montrent une dépendance marquée de la température du point de transition suivant l'atmosphère sous laquelle on opère. L'énergie d'activation de la phase de basse température est de l'ordre de 1,8 eV confirmant une hypothèse formulée précédemment par les auteurs et en rapport probable avec la ferroélectricité de cette phase.

Dans un précédent travail (1), (2) nous admettions l'existence de phénomènes de relaxation dipolaire distincts dans les deux phases de sulfate d'ammonium et expliquions ainsi les résultats différents obtenus par divers auteurs suivant les conditions expérimentales utilisées. Pour cela nous supposions que l'énergie d'activation de la phase 2 de basse température est supérieure à celle de la phase 1 de haute température. Nous donnons ci-dessous

quelques résultats expérimentaux précisant un ordre de grandeur pour cette énergie dans la phase 2 et *expliquant par surcroît les divergences entre les températures des points de transition* signalées par les auteurs précédents.

Pour mesurer l'énergie d'activation dans la phase 2 en déterminant des points dans un diagramme log ν, 1/T ([3]) il nous fallait opérer à des fréquences suffisamment basses pour que le maximum d'absorption dipolaire Debye (A. D. D.) ait lieu à des températures inférieures à celle du point de transition. Gênés par la conductibilité ionique, nous avons dû opérer sous un vide

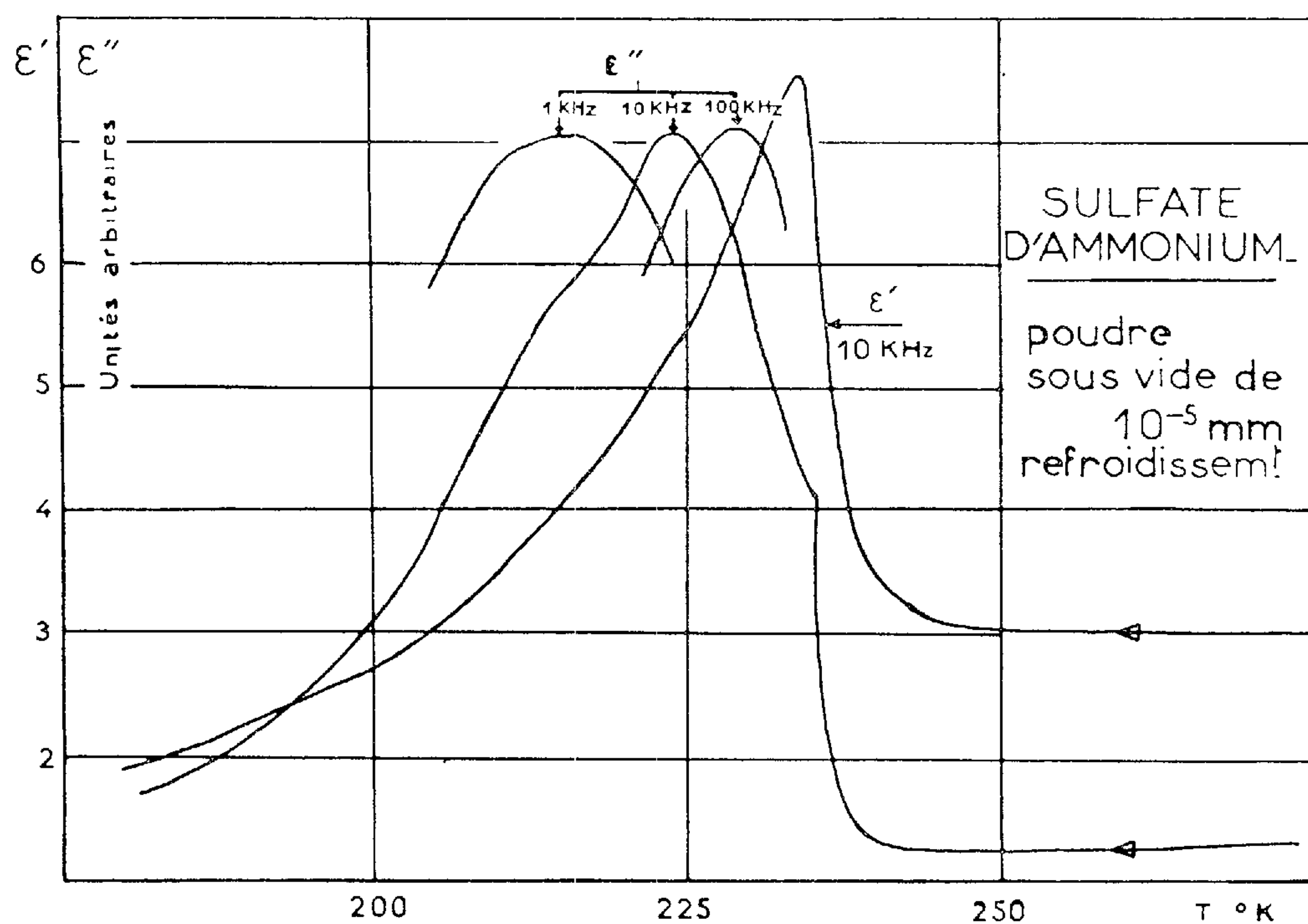


Fig. 1.

élevé d'environ 10^{-5} Tor. Un phénomène nouveau nous est alors apparu : dans ces conditions, la température T_0 de transition du sulfate d'ammonium est augmentée et passe de 224 à 240°K environ. (Valeurs moyennes de 237° au refroidissement et 243° au réchauffement pour des vitesses de variation thermique de l'ordre de 15° par heure.) Ce résultat obtenu sur un produit en poudre confirme les températures des points de transition observés par Bayley ([4]) (produit en poudre sous 10^{-4} Tor) et par Kamiyoshi ([5]) (monocristal, pression non précisée) et explique le désaccord qui subsistait entre ces mesures d'une part, celles de Guillien ([6]) et les nôtres ([1]), ([2]) d'autre part. Il a, de plus, dans le cadre de ce travail, une conséquence heureuse en permettant l'extension de nos mesures diélectriques dans la phase 2, à de plus hautes fréquences.

Nous supposons naturellement que ce phénomène n'agit pas sur le mécanisme interne d'A. D. D. : il semble bien en effet que cette variation de température soit due à des phénomènes superficiels d'adsorption d'eau comme l'ont observé sur d'autres corps Forestier et Kiehl ([7]). La « véritable » température de transition serait voisine de 240°K abaissée à 224° par ces traces d'eau.

Nos mesures sur le produit désorbé se sont étendues de 200 Hz à 10 MHz. Nous donnons (*fig.* 1) une courbe typique de variation de ε' et ε'' obtenue au refroidissement à 10 kHz, ainsi que les maxima des courbes ε'' pour 1 et

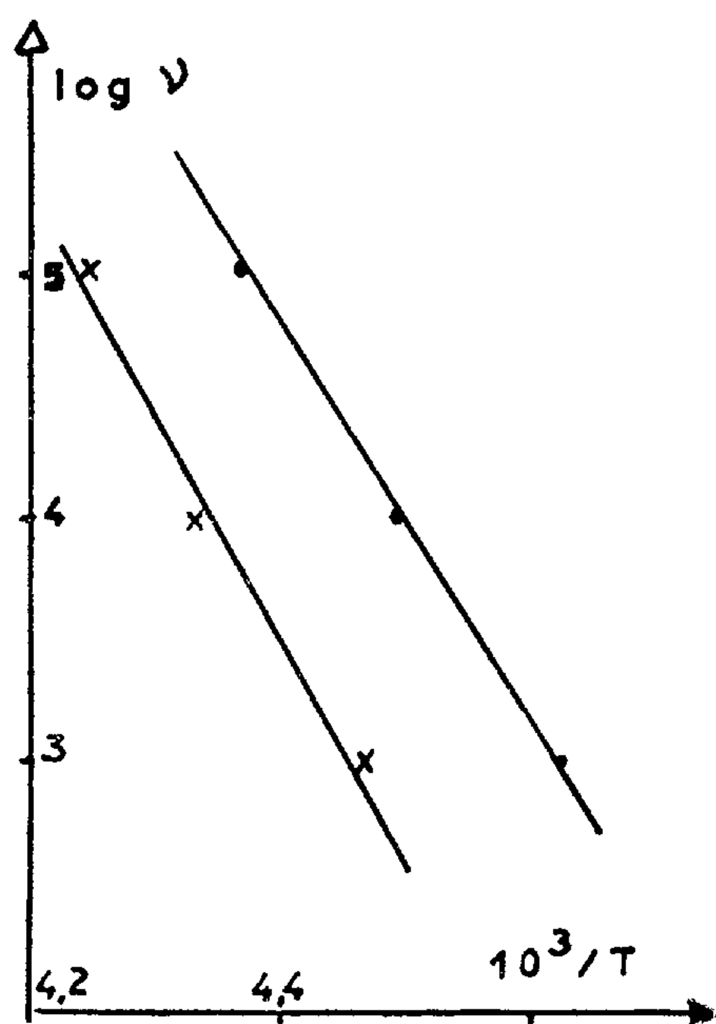


Fig. 2.

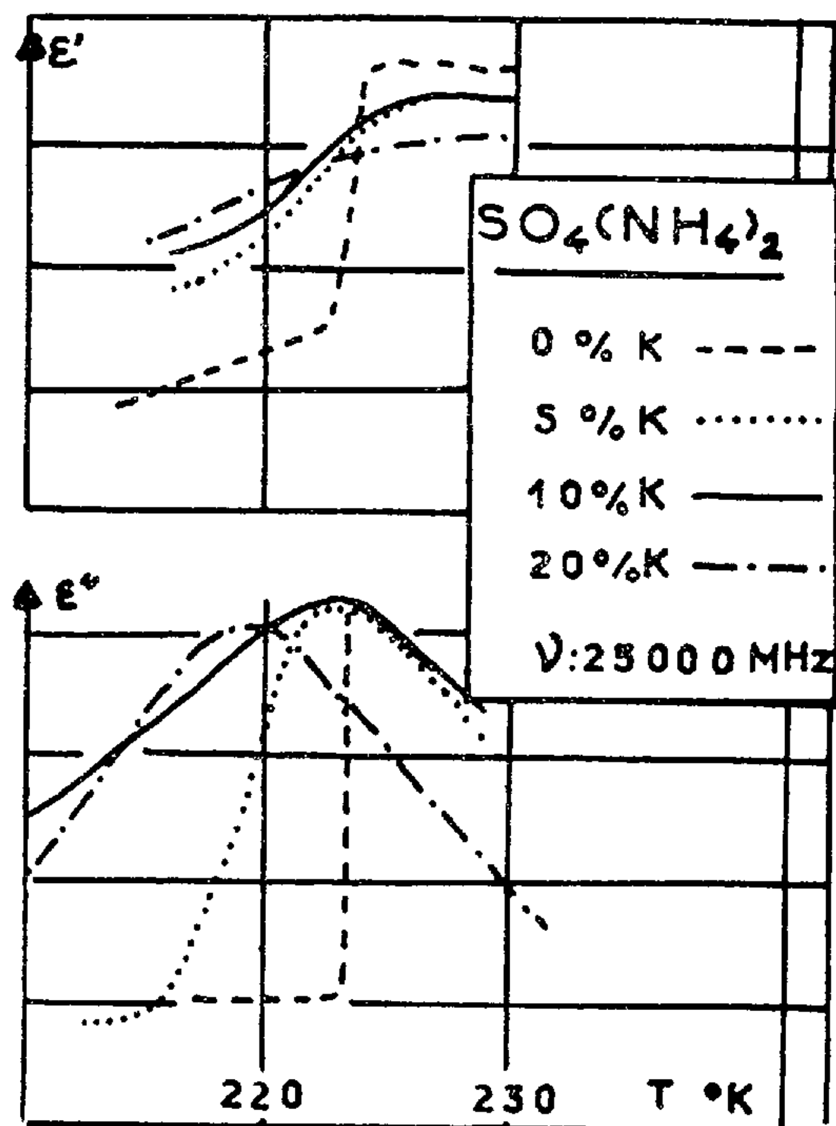


Fig. 3.

100 KHz. La transition est marquée vers 235°K tant sur ε' que ε''. L'essentiel de nos mesures est résumé sur la figure 2 où les croix sont relatives aux valeurs relevées au réchauffement et les cercles à celles prises au refroidissement. L'énergie d'activation est la même, de l'ordre de $1{,}8 \mp 0{,}2$ eV.

Cette valeur très grande de l'énergie d'activation est en faveur de notre hypothèse et est probablement liée à l'état ferroélectrique de cette phase qui vient d'être mis en évidence par Mathias et Remeika ([8]).

Nous avons également essayé de mesurer l'énergie d'activation pour la phase 1 de haute température. Le problème est l'inverse du précédent : il faut étudier les bandes d'A. D. D. au-dessus de T_0, donc opérer à fréquence très élevée ou, s'il est possible, abaisser la température de transition. Comme le maximum d'A. D. D. n'apparaît pas encore à 25 000 MHz pour le produit non

désorbé (transition à 224° K) nous avons tenté d'abaisser cette température par adjonction d'un cathion étranger, en l'occurence le potassium (les deux sulfates syncristallisent en effet et SO_4K_2 ne présente ni transition de phase, ni relaxation dipolaire dans la région considérée). Malheureusement, les courbes obtenues en ondes centimétriques (*fig.* 3) n'ont pu être étendues aux plus basses fréquences, en raison d'une conductivité ionique très élevée rendant impossible actuellement la mesure précise de l'énergie d'activation dans la phase I.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

(1) *Arch. Sc. Genève*, **9**, 1956, p. 16.

(2) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1804.

(3) *Cahiers Physique*, **67**, 1956, p. 19.

(4) *Trans. Faraday Soc.*, **47**, 1951, p. 518.

(5) *J. Chem. Phys.*, **22**, 1954, p. 756.

(6) *Ann. Phys.*, **17**, 1942, p. 334; *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 980.

(7) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2289.

(8) *Phys. Rev.*, **103**, 1956, p. 262.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la mise en évidence de la polygonisation du fer par la méthode du contraste de phase interférentiel.* Note de MM. **Georges Cizeron** et **Pierre Coulomb**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'observation d'une surface polie électrolytiquement par la méthode du contraste de phase interférentiel permet de révéler des sous-joints de polygonisation dans des fers de différentes puretés ayant subi divers traitements; les images données par les méthodes microscopiques classiques sont beaucoup moins complètes.

La mise en évidence micrographique de la polygonisation dans le fer se heurte à des difficultés d'autant plus grandes que le métal est plus pur (1), (2). Ces difficultés peuvent être comparées à celles que l'on rencontre pour des métaux raffinés comme l'aluminium où la révélation des sous-joints de polygonisation par le réactif aux figures de corrosion nécessite la concentration de certaines impuretés dans les sous-joints (3). C'est pourquoi différents auteurs ont préconisé une attaque plus ou moins prolongée soit dans l'acide picrique alcoolique à 3 % (1), (2), soit dans le mélange nital-picral (4).

Nous proposons dans cette Note une méthode d'observation plus rapide et plus sensible qui peut être appliquée aux fers de toutes origines, quelle que soit leur pureté. Elle est basée sur l'emploi de la méthode du contraste interférentiel de Nomarski (5) qui a été récemment utilisée par P. A. Jacquet (6) pour définir les conditions optima du polissage électrolytique

du cuivre et des laitons dans l'état recristallisé, et pour révéler les modifications de structure submicroscopique apportées par la fatigue.

L'échantillon de 4 cm² de surface environ est, après un polissage mécanique soigné, poli électrolytiquement dans le bain acétoperchlorique de Jacquet sous une tension de 40 V (durée : 1 à 5 mn). Après polissage, la surface est observée directement à l'aide de l'objectif de Nomarski; outre les joints de grains, on peut alors déceler aisément des sous-joints invisibles ou très difficiles à discerner par les méthodes microscopiques classiques. Ces sous-joints présentent les caractères bien connus : ils ont un contour plus ou moins sinueux, ils s'arrêtent sur les joints intergranulaires sans provoquer d'anomalie de leur tracé. Nous avons vérifié en outre que les images obtenues par cette technique coïncidaient exactement avec celles développées par l'attaque prolongée au « picral » [7] (*fig.* 1 et 2).

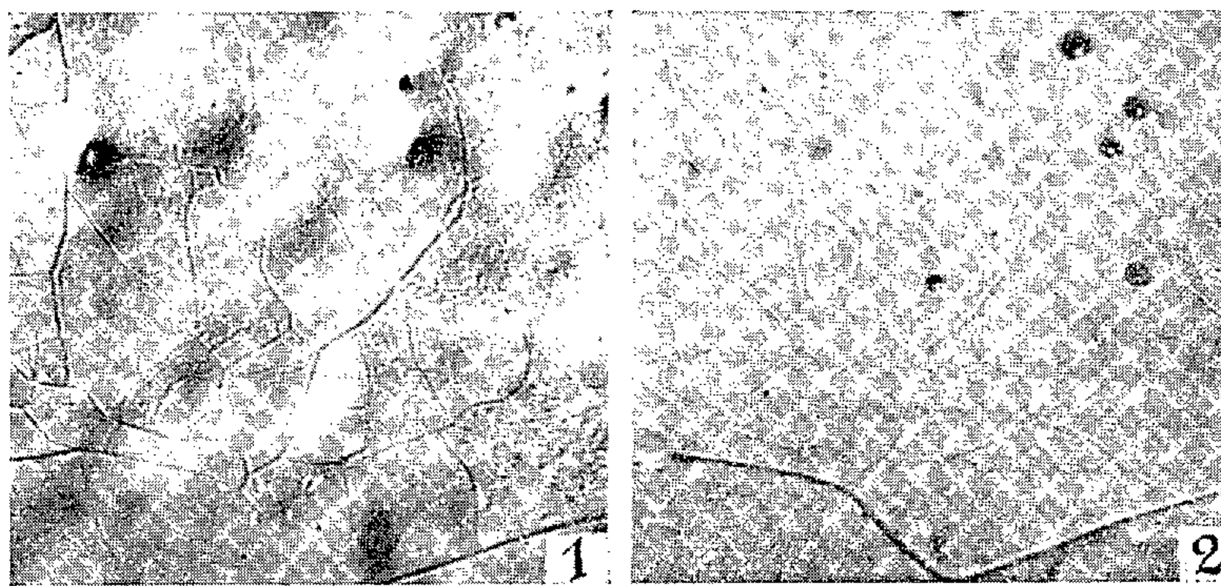


Fig. 1. — Fer ex-carbonyle comprimé, recuit, laminé de 80% et recuit 200 h à 890° (objectif de Nomarski, G = 600).

Fig. 2. — Même plage en lumière normale après attaque de 15 mn au picral 3% (G = 600).

Nous donnerons seulement quelques exemples de l'application de cette méthode à quatre fers de différentes puretés, ayant subi deux sortes de traitements :

a. Recristallisation primaire après un fort laminage à froid (environ 80 %) suivi d'un recuit de durée variable en haut de la phase α;

b. Passage unique ou répété du point de transformation A_3 d'une structure recristallisée stabilisée au préalable par un traitement prolongé en phase α.

Pour les traitements du premier type, les trois fers les plus purs présentent une structure primaire à grains fins tous polygonisés (*fig.* 1 et 3). Les sous-joints sont visibles après 6 h de recuit pour les fers A et B; il faut attendre plus de 100 h pour le fer C [8]. Ce fait confirme les observations de J. Talbot, C. de Beaulieu et G. Chaudron [9] : l'aptitude à la polygonisation du fer est d'autant plus grande que sa pureté est plus élevée.

Dans le second type de traitement, un seul passage du point de transformation A_3 permet de développer aussitôt la polygonisation sur tous les fers étudiés ([10]). Les sous-joints se multiplient si l'on augmente le nombre des passages. La figure 4 montre que la largeur des sous-joints mis en

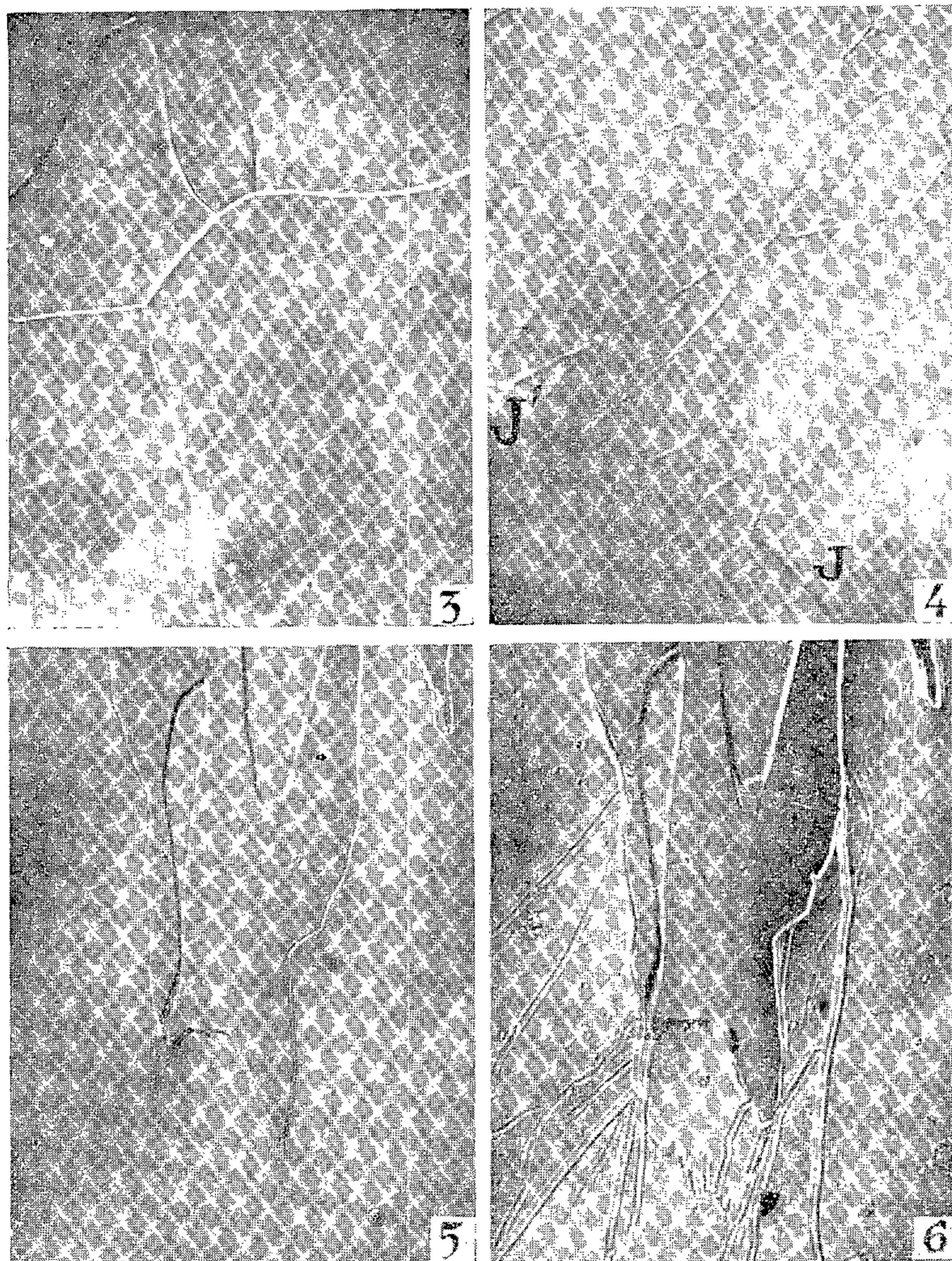


Fig. 3. — Fer A laminé de 70% et recuit 100 h à 890° (objectif de Nomarski, G = 600).
Fig. 4. — Fer A après 350 passages du point A_3 (objectif de Nomarski, G = 600) (JJ' est un joint de grain).
Fig. 5. — Fer B laminé de 70% et ayant subi 10 cycles (montée en température de 20 à 930° et refroidissement à vitesse constante de 150°/h) (objectif de Nomarski, G = 150).
Fig. 6. — Même plage après recuit de 10 h à 800° sous hydrogène (objectif de Nomarski, G = 150).

évidence par le contraste interférentiel est très différente vraisemblablement en raison de la désorientation variable des sous-grains contigus.

Il faut signaler enfin que l'on peut renforcer les images obtenues au

contraste interférentiel par une brève attaque au « picral », qui à elle seule ne suffirait pas à révéler les sous-joints à l'examen en lumière normale, ou par un court recuit sous hydrogène en haut de la phase α de l'échantillon poli, recuit qui provoque une attaque thermique à la fois des joints et des sous-joints (*fig.* 5 et 6). Ce traitement ne peut s'appliquer évidemment qu'à une structure polygonisée stable.

Nous nous proposons ultérieurement de définir la limite de sensibilité de la méthode du contraste interférentiel dans la révélation des structures polygonisées à faible désorientation par comparaison des méthodes micrographiques et radiocristallographiques.

(1) J. Talbot, *Thèse*, Paris, 1955.

(2) C. de Beaulieu, *Thèse*, Paris, 1955.

(3) G. Wyon et P. Lacombe, *Defects in cristalline solids*, University of Bristol conference, July 1954, Physical Society, London, 1955.

(4) P. Samuel et A. G. Quarrell, *Journal of Iron and Steel Institute*, **182**, 1956, p. 20.

(5) G. Nomarski et A. R. Weill, *Revue de Métallurgie*, **52**, 1955, p. 121.

(6) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 798; **242**, 1956, p. 1990.

(7) Solution à 3 % d'acide picrique dans l'alcool éthylique.

(8) A. Fer pur préparé au B. I. S. R. A. ($C = 0{,}0028\%$, $O_2 = 0{,}002\%$);
B. Fer préparé par le Professeur Fast à Eindhoven (C et $O_2 < 0{,}001\%$);
C. Fer préparé par frittage à partir de poudre ex-carbonyle ($C = 0{,}005\%$, $O_2 = 0{,}10\%$);
D. Fer Armco recuit dans l'hydrogène ($C = 0{,}02\%$, $O_2 = 0{,}013\%$).

(9) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 818.

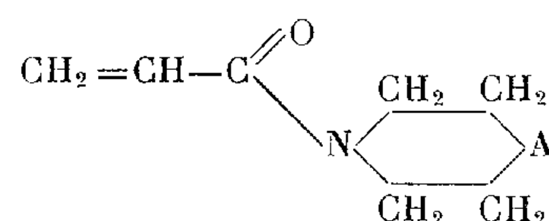
(10) P. Lehr, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1172.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur quelques polyacrylamides.*

Note de MM. **Jacques Parrod** et **Jean Ellès**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Les acrylamides dérivés de la pipéridine, de la morpholine ou de la thiomorpholine se polymérisent facilement, contrairement à leurs homologues méthacrylamides. Les polymères obtenus présentent des différences remarquables dans leurs solubilités respectives.

En vue de comparer leurs propriétés physicochimiques, nous avons cherché à provoquer la polymérisation des méthacrylamides bisubstitués sur l'azote, décrits par Paul Bieber (1), mais cela sans succès. Par contre les acrylamides se polymérisent facilement. Ceux que nous avons utilisés dérivent de bases cycliques saturées; ils ont pour formule



où A représente CH_2 (pipéridide), ou O (morpholide), ou S (thiomorpholide).

La méthode de préparation la plus satisfaisante de ces amides consiste à verser goutte à goutte, en agitant, 1 mol-g de l'amine cyclique, mélangée à 1 mol-g de triéthylamine, dans une solution benzénique à 20 % du chlorure d'acide. Pendant toute la durée de la réaction, la température est maintenue au-dessous de 15°. Après filtration du chlorure de triéthylammonium, l'amide éthylénique est séparé par distillation dans le vide.

Souvent, on isole ainsi en même temps un produit secondaire, résultant de l'addition de l'amine sur la fonction éthylénique.

Cette dernière réaction est réversible à 150°, ce qui permet de récupérer une certaine quantité d'amide non saturé, par simple chauffage.

Les composés suivants sont originaux, ou tout au moins, leurs constantes physiques n'ont pas été données.

— *Pipéridide acrylique*. $C_8H_{13}ON$, $É_{15}$ 114°; n_D^{20} 1,5600; d_4^{20} 1,0226; Rdt 40,44 (calculé 40,43).

— *Morpholide acrylique*. $C_7H_{11}O_2N$, $É_{16}$ 135°; n_D^{20} 1,5080, d_4^{20} 1,1145.

— *Thiomorpholide acrylique*. $C_7H_{11}ONS$, $É_{13}$ 150°; n_D^{20} 1,5602; d_{20}^{4} 1,1651; Rdt 43,61 (calculé 43,58).

— *Pipéridide β-pipéridino-acrylique*. $C_{13}H_{24}ON_2$, aiguilles blanches, F 45°; $É_6$ 150-155°.

— *Diéthylamide méthacrylique*. $C_8H_{15}ON$, $É_{14}$ 88°; n_D^{20} 1,4558; d_4^{20} 0,9064.

— *Morpholide méthacrylique*. $C_8H_{13}O_2N$, $É_{15}$ 125°; n_D^{20} 1,4898; d_4^{20} 1,0714; Rdt 41,81 (calculé 41,95).

Parmi les matières premières nécessaires à ces synthèses, la thiomorpholine a été obtenue avec un rendement de 40 % en abandonnant 8 jours à 18° une solution hydroalcoolique de sulfure de sodium et de 2.2'-dichlorodiéthylamine, tandis que si l'on opère à l'ébullition suivant les indications de Cymermann-Craig et M. E. Tate [2], les résultats sont décevants.

Les acrylamides se polymérisent par simple chauffage, sous l'influence de la lumière ultraviolette ou de divers types de promoteurs engendrant des radicaux libres. Le procédé que nous avons choisi consiste à porter à 50-60°, pendant 8 h environ, une solution à 40 % du monomère dans la diméthylformamide à laquelle on a ajouté 0,5 % d'azoisobutyronitrile. Les produits obtenus sont ensuite fractionnés, en les précipitant de leur solution dans la diméthylformamide par l'eau (polypipéridide) ou par l'alcool méthylique (polymorpholide, polythiomorpholide).

Comparés aux spectres d'absorption infrarouge des monomères, ceux des polymères sont caractérisés par la disparition de la bande correspondant à la double liaison éthylénique ($\lambda_{max} = 6^{\mu},15$), et par un certain élargissement de celle qui est due au groupe CO ($\lambda_{max} = 6^{\mu},02$).

Les caractères de solubilité des polyacrylamides, déterminés à la température ordinaire sur des échantillons de viscosité intrinsèque de 40 environ (concentration en grammes par centimètre cube), sont très nettement tranchés.

Ces substances se dissolvent dans le chloroforme, la diméthylformamide, leur propre monomère; elles sont insolubles dans le méthanol ou l'acétone. L'eau, le benzène et le toluène se montrent plus spécifiques, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous (+ soluble, — insoluble).

Solvant.	Eau.	Benzène.	Toluène.
Polypipéridide	—	+	+
Polymorpholide	+	—	—
Polythiomorpholide	—	—	—

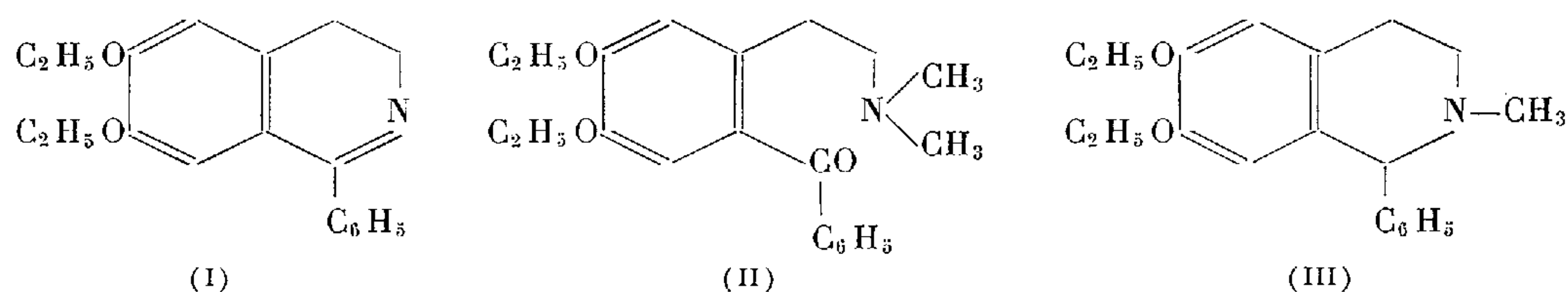
Très remarquable est l'influence décisive de la substitution d'un O ou d'un S à un groupe CH_2 dans le cycle azoté.

([1]) *Ann. Chim.*, [12], 9, 1954, p. 674-709.
([2]) *Chemistry and Industry*, (1954), p. 1455.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du formol et de l'acide formique sur la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine.* Note de M. **Jean Gardent**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le cycle azoté de la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine est ouvert par action du formol et de l'acide formique. On obtient ainsi une base cétonique N-diméthylée. Cette réaction objective le caractère cétiminique de la double liaison en 1.2 des dihydroisoquinoléines.

Nous avons à plusieurs reprises mis en évidence le caractère cétonique du carbone-1 des dihydroisoquinoléines substituées en 1. 1° Ce caractère se trouve confirmé par l'étude de la réaction du formol et de l'acide formique sur la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine (I). Sous l'action conjuguée de ces deux réactifs, dans des conditions convenables, on observe une ouverture du cycle azoté de la dihydroisoquinoléine conduisant à l'obtention d'une base cétonique N-diméthylée (II).



Cette réaction ne peut être réalisée qu'en présence d'un catalyseur qui peut être soit la diéthylamine, soit le formiate de sodium, les conditions de la réaction étant d'ailleurs différentes selon le produit utilisé. Avec la diéthylamine, la présence d'une certaine quantité d'eau est nécessaire. En pratique, nous avons opéré avec la solntion de formol du commerce. Par contre lors-

qu'on utilise le formiate de sodium, la présence d'eau n'est plus indispensable et l'on peut employer du trioxyméthylène sec. Dans les deux cas la réaction nécessite pour être totale un chauffage à reflux prolongé (15 à 20 h). La base issue de la réaction est purifiée par l'intermédiaire de son chlorhydrate facilement cristallisé dans le mélange méthanol-éther. Cette base peut encore être obtenue en traitant par le formol et l'acide formique dans les mêmes conditions que précédemment l'iodométhylate de phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine. Les données analytiques concernant la base et son chlorhydrate, l'obtention aisée de l'oxime correspondantes, le fait qu'elle puisse être préparée indifféremment à partir de la dihydroisoquinoléine ou de l'iodométhylate correspondant, permettent de lui attribuer la formule (II).

Comme on pouvait s'y attendre en raison du caractère aromatique de son cycle azoté, la phényl-1 diéthoxy-6.7 isoquinoléine vraie, ou l'iodométhylate correspondant, ne sont pas attaqués par action du formol et de l'acide formique. Ces réactifs agissant sur la phényl-1 diéthoxy-6.7 tétrahydroisoquinoléine soit en l'absence, soit en présence de diéthylamine, provoquent comme prévu la N-méthylation de celle-ci. Le chlorhydrate de N-méthyl phényl-1 diéthoxy-6.7 tétrahydroisoquinoléine (III) obtenu est identique à celui préparé par réduction de l'iodométhylate de phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine par le borohydrure de sodium.

N-diméthyl (benzoyl-2 diéthoxy-3.4) phénéthylamine (II). — Cristaux incolores, légèrement solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool et les solvants organiques F 58-59°. $C_{21}H_{27}O_3N$, calculé %, C 73,87; H 7,92; N 4,10; trouvé %, C 73,77; H 8,14; N 4,06.

Chlorhydrate de (II). — Cristaux incolores solubles dans l'eau et l'alcool, peu solubles dans l'acétone. F 120-122°. $C_{21}H_{27}O_3N$, ClH, calculé %, Cl 9,38; trouvé %, Cl 9,40.

Oxime de (II). — Cristaux incolores solubles dans l'eau, peu solubles dans l'éther, solubles dans l'alcool. F 125-126°. $C_{21}H_{28}O_3N_2$, calculé %, C 70,70; H 7,92; N 7,86; trouvé %, C 70,66; H 7,88; N 7,99.

Chlorhydrate de l'oxime de (II). — Cristaux incolores assez peu solubles dans l'eau, facilement relargables par ClH, peu solubles dans l'acétone, solubles dans l'alcool. F 225-227°, calculé %, Cl 9,02; trouvé %, Cl 9,09.

Chlorhydrate de N-méthyl phényl-1 diéthoxy-6.7 tétrahydroisoquinoléine (III). — Cristaux incolores, assez solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool. F 172-174°. $C_{20}H_{25}O_2N$, ClH, calculé %, Cl 10,19; trouvé %, Cl 9,92. La base correspondante est huileuse, insoluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques.

(1) J. Gardent et V. Harlay, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 754; J. Gardent, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1334.

RADIOGÉOLOGIE. — *Présence d'uranium dans quelques gîtes de manganèse dans les Vosges méridionales et centrales.* Note (*) de M. **Georges Jurain**, présentée par M. René Perrin.

Exposé de résultats sur la recherche et le dosage des traces d'uranium dans quelques gîtes vosgiens de manganèse. Il semble ici que les phénomènes colloïdaux ont joué un rôle important dans la concentration des traces d'uranium.

Poursuivant nos travaux entrepris dans le cadre d'un contrat de recherches avec le Commissariat à l'Énergie atomique, nous avons relevé certaines anomalies de radioactivité γ sur quelques gîtes de manganèse des Vosges méridionales et centrales.

La recherche et le dosage des traces d'uranium montrent que l'on peut attribuer cette activité γ à l'uranium présent, et non, comme nous l'avions pensé primitivement, au radium accompagnant le baryum des minéraux oxydés du manganèse, psilomélanes barytifères (romanéchite, hollandite, collophanite, coronadite) constantes dans ces gîtes.

Les faits : 1° *Saphoz près Faucogney (Haute-Saône).* — La teneur en uranium s'échelonne pour le minerai de manganèse (psilomélane) de $45,75 \pm 4,5$ à $64 \pm 6,4$ p. p. m.; pour les carbonates complexes, ankérites manganésifères, $17 \pm 1,7$ p.p.m. tandis que la calcédoine et le quartz associés au gîte montrent une teneur de 192 ± 19 p.p.m.

2° *Lieu dit La Fonderie près Servance (Haute-Saône).* — L'oxyde de manganèse est du type terreux (« Wad »); il donne une teneur de $61 \pm 6,1$ p.p.m. alors que la calcédoine n'a qu'une faible teneur, $0,66 \pm 0,6$ p.p.m.

Le quartz à empreinte de fluorine révèle $16 \pm 1,6$ p.p.m., tandis que la diallogite $0,95 \pm 0,9$ p.p.m.

3° *Vallée de Lyris près Gérardmer (Vosges)* (¹). — Le minerai (acerdèse, psilomélane) montre des teneurs variant de $53 \pm 5,3$ à $108 \pm 10,8$ p.p.m.; par contre le granite proche du filon possède une teneur normale $3,75 \pm 0,37$ p.p.m.; le quartz filonien légèrement enfumé avec calcédoine a une teneur de $9,5 \pm 0,95$ p.p.m.

4° *Hameau du Repas près Wisembach (Vosges).* — La teneur du minerai (pyrolusite) varie de $12,5 \pm 1,2$ à $58 \pm 5,8$ p.p.m.

Analyse des faits : Nous nous trouvons donc ici en présence d'une concentration en uranium, les teneurs dépassant nettement la teneur géochimique moyenne (selon Clarke pour l'uranium, 4 p.p.m.).

Ces teneurs sont sensiblement plus élevées que celles reconnues par F. Kircheimer (²) en Forêt-Noire (le cas de Rappenloch près Eisenbech, 800 p.p.m., excepté).

Nous n'avons pas trouvé de minéraux figurés d'uranium, alors que

l'autunite et la chalcolite (phosphate calcique et cuivrique d'uranyle) ont été signalées par S. Faisi ([3]) dans le gîte de Eisenbach.

Il semble bon cependant de signaler que le cuivre se trouve quelquefois en quantité très peu importante à Saphoz et à La Fonderie.

L'étude par plaques photographiques pour usages nucléaires ([4]) a révélé un caractère commun aux quatre gîtes : la dispersion de l'uranium est régulière dans les oxydes de manganèse constituant le minerai.

Essai d'interprétation. — Dans le cas de Saphoz, l'analyse chimique et la méthode photographique ont montré une concentration plus importante de l'uranium dans la calcédoine. Cette concentration pourrait s'expliquer ainsi : Le gîte de Saphoz est une conséquence du remaniement de la forme profonde du gîte constitué essentiellement de carbonates complexes du type ankérite manganésifère associé au quartz filonien. Il y aurait eu concentration dans les gels d'oxyde de manganèse, et possibilité d'adsorption de l'uranium (en solution acide vraisemblablement) par la silice colloïdale. Les gîtes de La Fonderie et de la vallée de Lyris présentent seulement une dispersion régulière dans les oxydes demanganèse. Le rôle de la silice colloïdale semble plus discret.

Quant au gîte du hameau du Repas, cette adsorption sur des gels d'oxyde semble plausible. En effet, le gîte paraît lié à un filon de microgranite. Nous n'en avons pas encore entrepris l'étude, mais quelques renseignements ont été recueillis sur un filon de microgranite voisin (953 900 — 72 940 Lambert). Une activité γ assez importante a été enregistrée (125 c/s au compteur à scintillation). L'analyse chimique révèle $12,5 \pm 1,2$ p.p.m. d'uranium et l'étude aux plaques nucléaires donne une teneur de $62,75 \pm 6,2$ p. p. m. de thorium.

Conclusion. — Si ces concentrations d'uranium n'ont dans l'immédiat aucune valeur économique (notons cependant que dans le traitement acide des minerais à faible teneur en uranium du Transvaal, des quantités importantes de manganèse sont nécessaires, il y aurait donc réalisation d'un apport d'uranium par le minerai de manganèse, augmentant le taux d'uranium récupéré), elles permettent de compléter les propriétés géochimiques de l'uranium. Dans le cas exposé les phénomènes colloïdaux semblent avoir joué un rôle prépondérant.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

([1]) Une activité de 64 ions/cm³/s, avait été relevée sur la rive droite de la vallée de Lyris (430 010 — 139 660 Lambert) par M. J. P. Rothé. Au début de nos travaux nous ignorions cette anomalie qui alors n'avait pas été expliquée. Nos échantillons ont été prélevés sur la rive gauche au point (429 500 — 139 720 Lambert).

([2]) *Abhandlungen des Geologischen* (*Landesamtes in Baden-Würtemberg*, 1, 1953, p. 34-60).

([3]) *Neues Jahrbuch Mineralogie Abhandlungen*, **83**, 1951, p. 130-131.

([4]) R. Coppens, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 176.

RADIOGÉOLOGIE. — *Sur la radioactivité des « coquins » phosphatés des sables verts albiens de la carrière du plateau de Vassincourt (Meuse).* Note (*) de MM. **René Coppens** et **Yves Coppens**, présentée par M. René Perrin.

Les « coquins » de la carrière de Vassincourt contiennent de l'uranium en équilibre avec ses dérivés, mais pas de thorium. Les teneurs en uranium varient de 20 à 200 p.p.m. L'uranium se trouve dans la matière phosphatée à l'état diffus, mais avec des concentrations variables à l'intérieur même d'un coquin. Il ne peut donc y avoir proportionnalité absolue entre les teneurs en P_2O_5 et en uranium.

La radioactivité relativement élevée des phosphates est connue et a déjà fait l'objet de quelques publications, mais les données sur les phosphates métropolitains français sont rares.

Les phosphates qui font l'objet de cette étude proviennent de la ceinture albienne orientale du bassin de Paris. Ils se présentent sous la forme de nodules subarrondis gris ou bruns verdâtres dont le diamètre varie de 3 à 10 cm. Répartis en deux lits de 15 cm de puissance moyenne, ils se trouvent surtout dans la partie inférieure des sables verts glauconieux ou dans les argiles du gault.

Ces nodules isolés (ou coquins) ou agglomérés en « crassins » de 50 cm de diamètre firent l'objet d'actives exploitations de la moitié du siècle dernier à 1925 environ.

L'étude suivante porte sur 12 coquins prélevés dans la carrière du plateau de Vassincourt (Meuse) au niveau des sables verts sur une distance inférieure à 50 m.

La radioactivité a été mesurée par la plaque nucléaire et par fluorimétrie, la teneur en P_2O_5 total par la méthode classique utilisée dans l'industrie sidérurgique. Les résultats obtenus sont les suivants :

Échantillon.	Teneur en uranium (en p. p. m.). Plaque nucléaire.	Teneur en uranium (en p. p. m.). Fluorimétrie.	Teneur en P_2O_5 total (%).
P 1	60	56,5	10,8
P 2	30,8	29,8	23,1
P 3	31,36	34,3	19,8
P 4	34,58	34,3	19,20
P 5	18,76	20,3	19,40
P 6	28,98	29,0	18,10
P 7	25,2	24,3	17,67
P 8	24,78	26,2	24,57
P 9	29,12	30,3	22,08
P 10	210	198	29,01
P 11	53,76	56,0	21,14
P 12	29,12	28,8	23,34

L'examen de ces résultats montre que la teneur en P_2O_5 total correspond à celle donnée par différents auteurs pour des phosphates de même origine.

Au point de vue radioactivité, on peut noter les écarts très grands entre les teneurs en uranium des différents échantillons. Alors que la plupart d'entre eux ont une teneur voisine de 20 à 30 p.p.m., les n°s 1 et 11 atteignent 55 p.p.m., et le n° 10 200 p.p.m. Il est donc nécessaire pour rendre compte de la radioactivité des nodules phosphatés d'étudier un certain nombre d'échantillons.



Fig. 1. — Photographie de la plaque mince.

On peut encore noter que si la fluorimétrie donne directement la teneur en uranium, les plaques nucléaires donnent le nombre de rayons α émis par l'échantillon et permettent d'évaluer la teneur en uranium en admettant l'équilibre entre l'uranium et ses dérivés et l'absence de thorium. La très bonne correspondance entre les résultats photographiques et fluorimétriques montre donc que l'uranium est en équilibre radioactif avec ses dérivés et qu'il n'y a pas de thorium. D'ailleurs l'examen des longueurs des trajectoires α ne nous a pas permis de reconnaître une seule trajectoire longue du thorium C'.

Les échantillons pulvérisés nous ont montré une répartition régulière de la radioactivité. Pour obtenir plus de précision à ce sujet, nous avons taillé, au centre d'un nodule, une lame mince qui montre des grains de quartz roulés et des grains de glauconie dans un ciment de matière phosphatée. L'autoradiographie de cette plaque mince montre que la radioactivité provient uniquement de la matière phosphatée. L'uranium s'y trouve à l'état diffus, mais la répartition n'est pas régulière en ce sens que certaines parties du coquin contiennent des matières phosphatées



Fig. 2. — La plaque nucléaire, légèrement éclairée à travers la plaque mince montre en sombre le négatif des grains de quartz, ce qui permet un repérage précis. Les α proviennent de la matière phosphatée.

plus actives que d'autres. Le nombre moyen de rayons α par champ de microscope passe par exemple de 7,42 à 0,98, ce qui peut correspondre à des teneurs en uranium variant de 100 à 12 p.p.m., ces valeurs n'étant bien entendu que des ordres de grandeur.

Il résulte de ce qui précède que si, d'une manière générale, on observe parfois une certaine proportionnalité entre les teneurs en uranium et en P_2O_5, cette relation ne peut être parfaite.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'adsorption d'anions oxaliques par la montmorillonite.* Note de M. **Raymond Wey** et Mme **Germaine Yvernault**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Poursuivant l'étude de l'adsorption des anions par les argiles commencée par l'un d'entre nous avec les anions phosphoriques ([1]), nous avons déterminé les conditions de rétention des anions oxaliques par la montmorillonite. Cet ion organique est fréquemment utilisé pour stabiliser les suspensions des argiles du sol [méthode internationale préconisée pour l'analyse mécanique des sols ([2])].

La méthode générale employée est celle décrite dans notre précédent travail ([1]). Elle consiste à déterminer la quantité d'oxalate fixé en fonction du pH de la solution.

La montmorillonite-H utilisée était purifiée par électrodialyse. Elle était mise au contact pendant 30 mn avec une solution dont la concentration initiale était toujours la même : 0,5 % de montmorillonite-H, 0,015 N en NaCl et 5.10^{-4} N en $C_2O_4Na_2$. On faisait varier uniquement le pH par addition de HCl ou de NaOH.

Les ions oxalates ont été dosés par le permanganate en milieu acide; cette méthode classique a été adaptée aux faibles concentrations utilisées de manière à doser 2.10^{-2} méquiv-g à ± 2 % près.

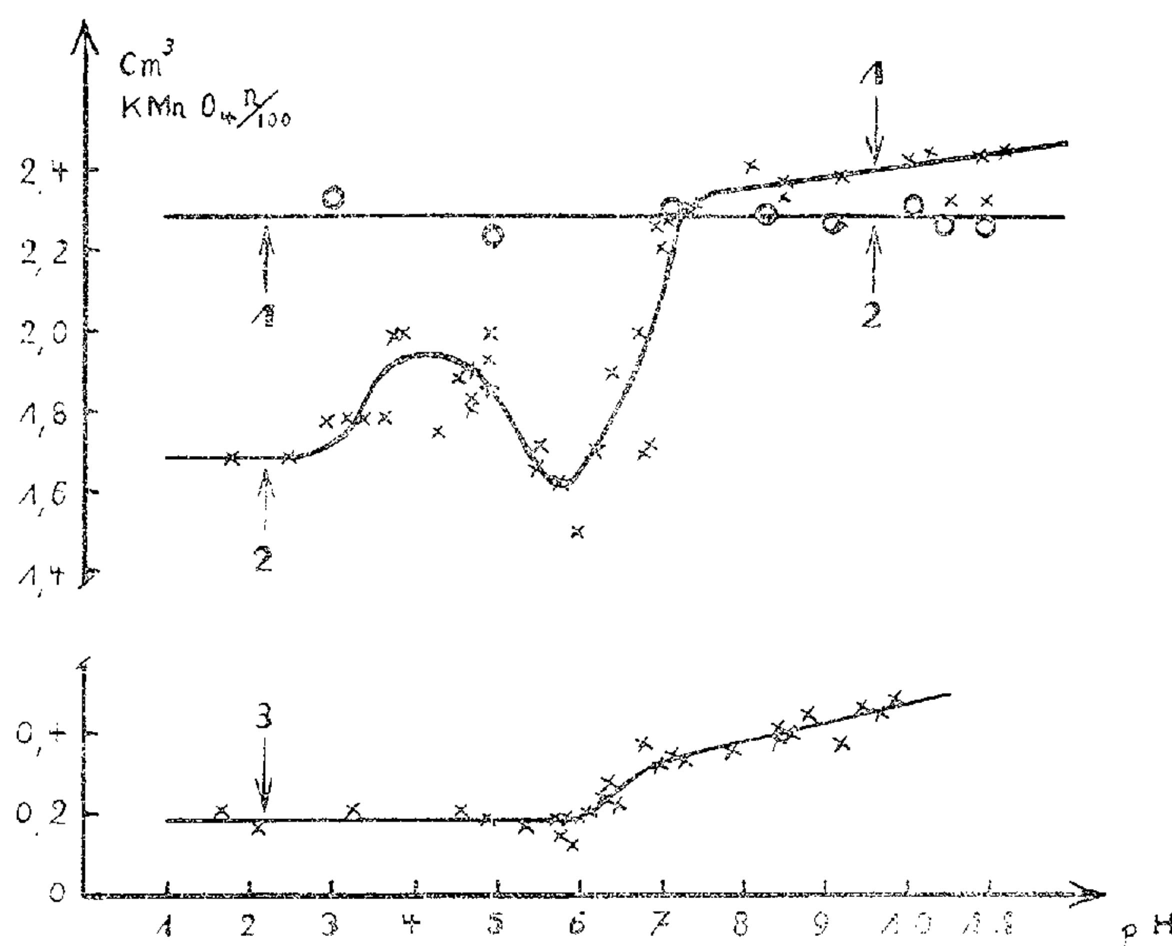


Fig. 1.

Les résultats obtenus sont représentés sur le graphique 1 :

— la droite horizontale (1), d'ordonnée 2,3 représente le volume de per-

manganate 0,01 *n* utilisé pour doser l'oxalate présent dans les solutions en absence d'argile-H ;

— la courbe (2) est relative au même dosage mais en présence de montmorillonite-H.

La différence des ordonnées des courbes (1) et (2) donne la quantité d'oxalate soustrait des solutions par l'argile mise en contact avec elles. Cette différence est de l'ordre de 15 à 25 % de la quantité ajoutée entre pH 2 et 7. Dans cet intervalle de pH, l'argile a donc adsorbé de l'oxalate. Par contre, pour des valeurs de pH supérieures à 7, non seulement il n'y a pas d'adsorption mais la quantité de $KMnO_4$ utilisée est supérieure à celle qui correspond à l'oxalate ajouté initialement. Nous devons donc admettre qu'en milieu alcalin, la montmorillonite fournit des réducteurs à la solution. Ce fait a été vérifié en effectuant les mêmes essais, avec la même montmorillonite, sans ajouter d'oxalate [courbe (3), *fig.* 1)].

Les courbes (1) et (2) permettent de distinguer deux intervalles de rétention :

1° Le premier ($5 < pH < 6,5$) correspond à l'adsorption par l'argile-H d'ions $C_2O_4^{--}$ qui prédominent dans les solutions d'oxalate pour ces pH. A pH 5,7, 29 % de l'oxalate ajouté sont adsorbés, c'est le maximum observé dans ces conditions;

2° Le deuxième intervalle correspond aux $pH < 3,5$ où l'ion $C_2O_4H^-$ et l'acide non dissocié existent dans les solutions.

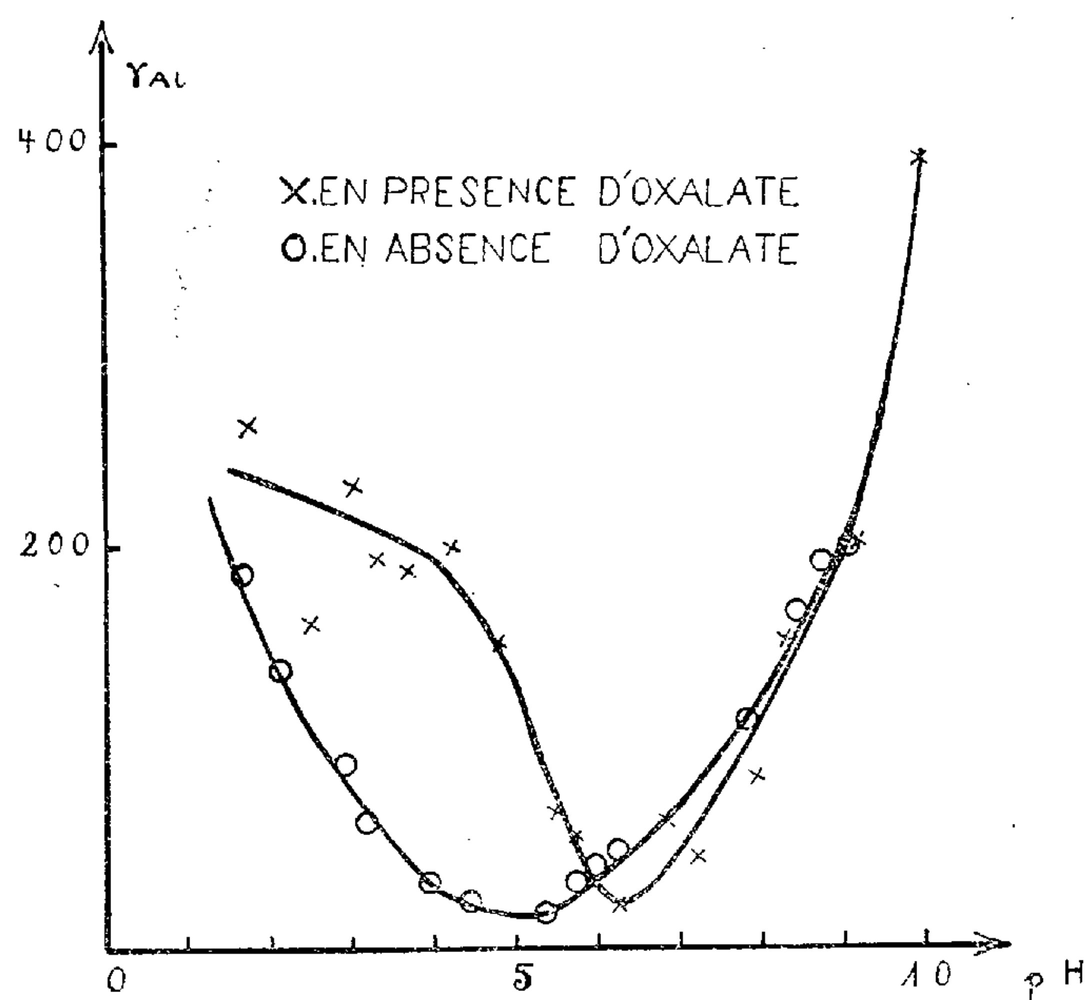


Fig. 2.

L'adsorption qui a lieu entre pH 5 et 6,5 peut être interprétée en supposant la formation d'un complexe alumino-oxalique à la surface des cristallites. En

effet, on peut calculer à l'aide des constantes d'équilibre du système, que le complexe $Al(C_2O_4)_3^{3-}$ prédomine pour $pH < 5,5$ et la concentration en oxalate utilisée. L'adsorption diminue donc, mais la teneur en aluminium de la solution après contact avec la montmorillonite devrait augmenter. C'est pourquoi nous avons dosé l'aluminium dans les solutions après détermination de l'oxalate, donc après destruction de celui-ci, en utilisant une méthode colorimétrique à « l'aluminon » permettant de doser 10 g d'aluminium à ± 5 %.

Nous avons comparé ces résultats à ceux obtenus en absence d'oxalate (*fig.* 2).

Pour $pH < 5,5$ la teneur en aluminium est nettement plus élevée en présence d'oxalate qu'en son absence. Nous pouvons donc admettre que pour $5 < pH < 6,5$ les ions Al^{+3} de la montmorillonite interviennent directement dans l'adsorption puisque l'anion est fixé sans entraîner l'extraction de cet élément hors du réseau du minéral.

Ces essais montrent que la montmorillonite adsorbe des ions oxaliques lorsqu'elle est mise en suspension dans des solutions peu concentrées et d'un pH inférieur à 7. Ce phénomène est probablement dû à deux mécanismes différents puisque dans un cas l'anion est fixé sous forme de $C_2O_4H_2$ et $C_2O_4H^-$ et dans l'autre sous forme de $C_2O_4^{--}$.

Aux pH supérieurs à 7 il peut cependant y avoir adsorption si la concentration en oxalate du système est suffisante; cette concentration permettant la formation d'une combinaison suivant la loi d'action de masse.

(1) R. Wey, *Ann. Agron.*, 1956, p. 1.
(2) L. D. Baver, *Soil Physics.*, Chap, II et III, Wiley and Sons, 1956.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Pigments chlorophylliens des Bryophytes. Caroténoïdes des Bryales.* Note de M. **Robert Douin**, présentée par M. Roger Heim.

Chromatographie sur papier et identification des caroténoïdes encore non étudiés qui forment avec les chlorophylles le pigment total des plastes des Bryales.

L'étude des pigments chlorophylliens des Bryophytes a été presque entièrement délaissée : F. G. Kohl (1) signale la présence de « carotine » dans *Funaria hygrometrica, Catharinea undulata, Marchantia polymorpha* et G. Mackinney (2) celle des α- et β-carotènes, l'α-carotène dans la proportion de 10 % du total, dans une « Mousse sp. ». Aussi avons-nous entrepris des recherches systématiques à travers l'embranchement. Cette Note concerne exclusivement les Bryales parmi lesquelles les 40 espèces suivantes appartenant à 28 genres différents ont été examinées.

Dicranella squarrosa Schp.
Dicranum scoparium Hedw.
Leucobryum glaucum Hpe.
Fissidens taxifolius Hedw.
Ceratodon purpureus Brid.
Barbula ruralis Hedw.
Barbula subulata Pal. Beauv.
Grimmia pulvinata Sm.
Rhacomitrium canescens Brid.
Hedwigia ciliata Ehr.
Orthotrichum leiocarpum Br. eur.
Bryum argenteum L.
Mnium cuspidatum Hedw.
Mnium affine Schw.
Aulacomnium palustre Schw.
Bartramia pomiformis Hedw.
Philonotis fontana Brid.
Atrichum undulatum Pal. Beauv.
Polytrichum formosum Hedw.
Polytrichum commune L.
Fontinalis antipyretica L.
Neckera complanata Hüb.
Neckera crispa Hedw.
Leucodon sciuroides Schw.
Antitrichia curtipendula Brid.
Anomodon viticulosus Hook. et Tayl.
Thuidium tamariscinum Br. eur.
Camptothecium lutescens Br. eur.
Amblystegium filicinum de Not.
Amblystegium Vallis-Clausæ Brid.
Hypnum commutatum Hedw.
Hypnum cupressiforme L.
Hypn. cupres. var. *filiforme* Brid.
Hypnum molluscum Huds.
Hypnum cuspidatum L.
Hypnum Schreberi Wild.
Hypnum purum L.
Hylocomium splendens Br. eur.
Hylocomium triquetrum Br. eur.
Hylocomium loreum Br. eur.

Les pigments ont été séparés par chromatographie ascendante sur papier suivant notre méthode [3] qui permet de les obtenir en bandes parallèles étagées et de les reprendre facilement.

Le chromatogramme complet du pigment total en solution dans l'éther de pétrole comporte six bandes, parfois une septième bande formée secondairement. Les pigments sont étudiés ci-dessous dans l'ordre de leur développement.

1. *Bande orangée-jaune de β-carotène* (très large). — Le pigment est épiphasique et le plus abondant des caroténoïdes avec de grandes variations quantitatives d'une espèce à une autre. Le spectre d'absorption pris à l'appareil de Beckman dans $CHCl_3$ présente deux maxima à 495 et 465 mμ. La réaction de Carr-Price (action de $SbCl_3$ sur la même solution) donne la coloration bleue.

Alors que la montée du β-carotène sur le papier est normale dans certaines espèces, elle est difficile dans d'autres en raison d'impuretés de nature lipidique que l'on élimine de la solution dans l'éther de pétrole par saponification sous vide avec NaOH N/5, puis lavage à l'eau. Le chromatogramme après saponification présente au-dessus de la bande orangée-jaune de β-carotène une étroite bande supplémentaire de couleur jaune : il s'agit d'un pigment ayant le spectre d'absorption de l'α-carotène (maxima dans l'hexane à 475, 445 et 420 mμ) et déjà signalé par A. E. Gillam et El Ridi [4]. Dénommé par eux pseudo-α-carotène, il proviendrait d'une isomérisation du β-carotène.

2. *Bande jaune-orangée d'α-carotène.* — Séparée de la précédente par un

large intervalle, elle se situe légèrement au-dessous de celle de la chlorophylle *a* ou lui est attenante. Le pigment est épiphasique, généralement souillé d'impuretés et, après saponification, son spectre d'absorption montre : dans l'hexane, trois maxima à 475, 450 et 420 mμ; dans $CHCl_3$, deux maxima à 490 et 460 mμ [Morton ([5]) indique 492 et 460 mμ, Karrer ([6]) 485 et 454 mμ]. La réaction de Carr-Price donne la coloration bleue.

Présent avec le β-carotène dans toutes les Mousses étudiées, l'α-carotène s'y trouve comme lui en quantité variable suivant les espèces, mais toujours peu abondant. Voici déterminés au photocolorimètre à partir de solutions dans l'éther de pétrole quelques pourcentages de l'α-carotène par rapport au β-carotène.

Camptothecium lutescens...	7,1 %	*Leucobryum glaucum*......	4 %
Grimmia pulvinata........	5,3	*Leucodon sciuroides*........	2,6
Fontinalis antipyretica.....	4,4	*Barbula ruralis*...........	1,8

3. *Bande vert-bleu de chlorophylle a.*

4. *Bande vert olive de chlorophylle b.*

5. *Bande jaune de lutéine* superposée sans intervalle à celle de la chlorophylle *b*. Le pigment est hypophasique et toujours abondant sauf rares exceptions. Il est identifié par son spectre d'absorption pris dans $CHCl_3$ (trois maxima à 490, 455 et 430 mμ) et par les réactions suivantes : absence de coloration avec HCl concentré, colorations verte virant au bleu avec SO_4H_2 concentré, bleue avec l'acide trichloracétique et avec le Carr-Price, verte avec l'acide formique.

6. *Bande d'un jaune franc* séparée de la lutéine par un intervalle de 2 mm. Le pigment est hypophasique, se colore en *vert-bleu passant au bleu* sous l'action d'acide chlorhydrique concentré et donne les mêmes colorations que la lutéine avec SO_4H_2, Carr-Price, acides trichloracétique et formique. Il est soluble dans CS_2, C_6H_6, $CHCl_3$. Son spectre d'absorption pris dans CS_2 offre deux maxima à 500 et 470 mμ, la courbe montrant un léger palier entre 450 et 440 mμ : les deux maxima sont ceux de l'époxyde de xanthophylle (Karrer mentionne 501,5 et 472 mμ) et le palier marque les débuts d'une transformation de l'époxyde. En effet, sur quelques espèces, nous avons observé dans une septième bande, séparée de la sixième par un intervalle de 1 mm environ, un pigment de même couleur, mais de caractères différents : coloration verdâtre avec HCl concentré, faible solubilité dans C_6H_6, quasi-insolubilité dans CS_2, spectre d'absorption dans $CHCl_3$ présentant trois maxima à 485, 456 et 430 mμ, caractères qui permettent de conclure à l'isomérisation de l'époxyde et à la présence des flavoxanthine et chrysanthèmaxanthine. La deuxième xanthophylle des Bryales est donc l'*époxyde de xanthophylle.*

L'équipement des plastes des Mousses en caroténoïdes apparaît très

uniforme et ceux-ci varient quantitativement dans une large mesure d'une espèce à une autre.

(1) *Untersuchungen über das Carotin.* Borntrager, Leipzig, 1902.
(2) *The J. of biol. Chemistry*, 3, 1935, p. 74.
(3) R. Douin, *Rev. Gén. de Bot.*, 60, 1953, p. 77.
(4) *Bioch. J.*, 30, 1936, p. 1735.
(5) *The application of absorption spectra*, chart. V, 1942.
(6) P. Karrer et E. Jucker, *Carotenoids*, Elsevier publ. Co., Inc., 1950.

CYTOGÉNÉTIQUE. — *Étude comparative du comportement en méiose de quelques* Agropyrum *et de leurs hybrides* F_1. Note (*) de Mme **Yvonne Cauderon**, présentée par M. Philibert Guinier.

Les *Agropyrum* forment une série polyploïde dont les nombres somatiques s'échelonnent de 14 à 70 chromosomes ($x = 7$). L'*Agropyrum campestre* G. G., espèce non littorale répandue surtout dans le Midi de la France, est la seule espèce octoploïde indigène ($2n = 56$; Simonet, 1935). Elle se croise aisément avec les autres *Agropyrum.* On peut la considérer comme responsable d'une partie des hybrides naturels à 49 chromosomes. Quelques-uns d'entre eux ont èté décrits [Simonet, 1935, Ostergren (1), 1940].

Nous avons réalisé expérimentalement un certain nombre d'hybrides entre l'*A. campestre* G. G., et trois espèces d'*Agropyrum* : *A. repens* P. B., *A. glaucum* (Host) P. B. et *A. junceum* L. P. B. (sous-espèce *mediterraneum* Nob.) [Simonet (2)].

Les F_1 sont intermédiaires entre les parents pour les caractères morphologiques de l'épi et le rythme de végétation; ils sont complètement stériles ainsi que l'hybride naturel, *A. Tallonii* (présumé *A. campestre* × *A. repens*).

Le comportement méiotique a été étudié dans les cellules mères des grains de pollen. Les appariements moyens suivants ont été observés au cours de la métaphase I (tableau).

L'étude des stades ultérieurs de la méiose révèle : un comportement à peu près normal chez les espèces parentes, quelques anomalies chez les hybrides (nombreux bivalents ouverts, ponts d'inversion hétérozygote en A_1, univalents retardataires, micronoyaux à l'intercinèse) entraînant la formation de gamètes inviables. Le pourcentage de micronoyaux dans les tétrades est très faible, mais les étamines indéhiscentes ne contiennent que des grains de pollen vides.

La seule étude des méioses des espèces d'*Agropyrum* dans ces croisements ne permet pas de tirer des conclusions précises en ce qui concerne leur origine auto- ou allopolyploïde. Une faible fréquence de tétravalents a été toutefois observée notamment chez *A. campestre* G. G. et chez *A. repens* P.B.

Étude des méioses.

Espèce ou croisement.	Nombre somatique.	Nombre de cellules.	Moyenne par cellule. I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	IX.	Nombre moyen de chiasmata par cellule.	par élément conjugué.
Agropyrum campestre G. G. (485)...	56	30	0,5	25,47	0,06	1	0,03	0,03	–	–	48,23	0,87
» *campestre* G. G. (457)...	56	28	1,07	23,64	0,25	1,53	0,11	0,04	–	–	47,60	0,86
» *junceum* P. B. (162)....	42	30	0,2	20,47	0,06	0,17	–	–	–	–	40,63	0,97
» *junceum* P. B. (163)....	42	50	–	20,90	0,02	–	–	0,02	–	–	41,66	0,99
» *glaucum* (Host) P. B. (75).	42	30	0,46	19,06	0,4	0,3		0,16	–	–	33,73	0,81
» *repens* P. B. (495).....	42	48	0,08	19,29	–	0,83	–	–	–	–	38,52	0,92
A. campestre 485 × *A. repens* 27...	49	21	17,66	13,66	0,38	0,71	–	–	–	–	26,38	0,84
A. campestre 457 × *A. glaucum* 75...	48	40	13,18	13,35	1,25	0,8	0,12	0,02	0,02	0,02	26,8	0,77
» » » ...	49	28	9,14	14,18	1,64	1,32	0,21	0,04	–	–	32,11	0,81
A. junceum 30 × *A. campestre* 485...	49	44	5,57	18,75	1,02	0,57	0,1	0,02	–	–	39,59	0,91
A. Tallonii (hybride naturel)												
A. camp. × *A. repens*...........	49	24	3,42	18,62	2,46	0,13	0,04	0,04	–	–	41,96	0,92

Chez les hybrides, la très forte conjugaison chromosomique doit provenir à la fois d'autosyndèse et d'allosyndèse. Bien qu'il soit difficile d'établir des formules génomiques d'après ces premières observations, on peut penser qu'il y a au moins un génome commun aux quatre espèces. Celles-ci seraient des alloocto- et allohexaploïdes segmentaux [Stebbins, 1949 (3)] : il y aurait association homogénique chez les espèces parentes où les chromosomes ne formeraient pratiquement que des bivalents en anneaux en raison de l'affinité différentielle, et association hétérogénique chez les F_1 où la moyenne de bivalents ouverts observée est plus forte que dans les espèces. Des remaniements structuraux, d'une part, des associations allosyndétiques, d'autre part, expliqueraient la formation de polyvalents présents chez les hybrides.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

(1) Ostergren, *Hereditas*, 26, 1940, p. 305-316.

(2) M. Simonet, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1210.

(3) Stebbins, *Variation and Evolution in Plants*, Columbia University Press, 1949, p. 315 et suiv.

BOTANIQUE. — *Phyllotaxie du Châtaignier, étude des cas normaux.* Note de Mme **Madeleine Codaccioni**, présentée par M. Roger Heim.

Les différents types de disposition foliaire rencontrés couramment (orthotrope spiralé, orthotrope distique, plagiotrope) sont en rapport étroit avec les différents modes de croissance.

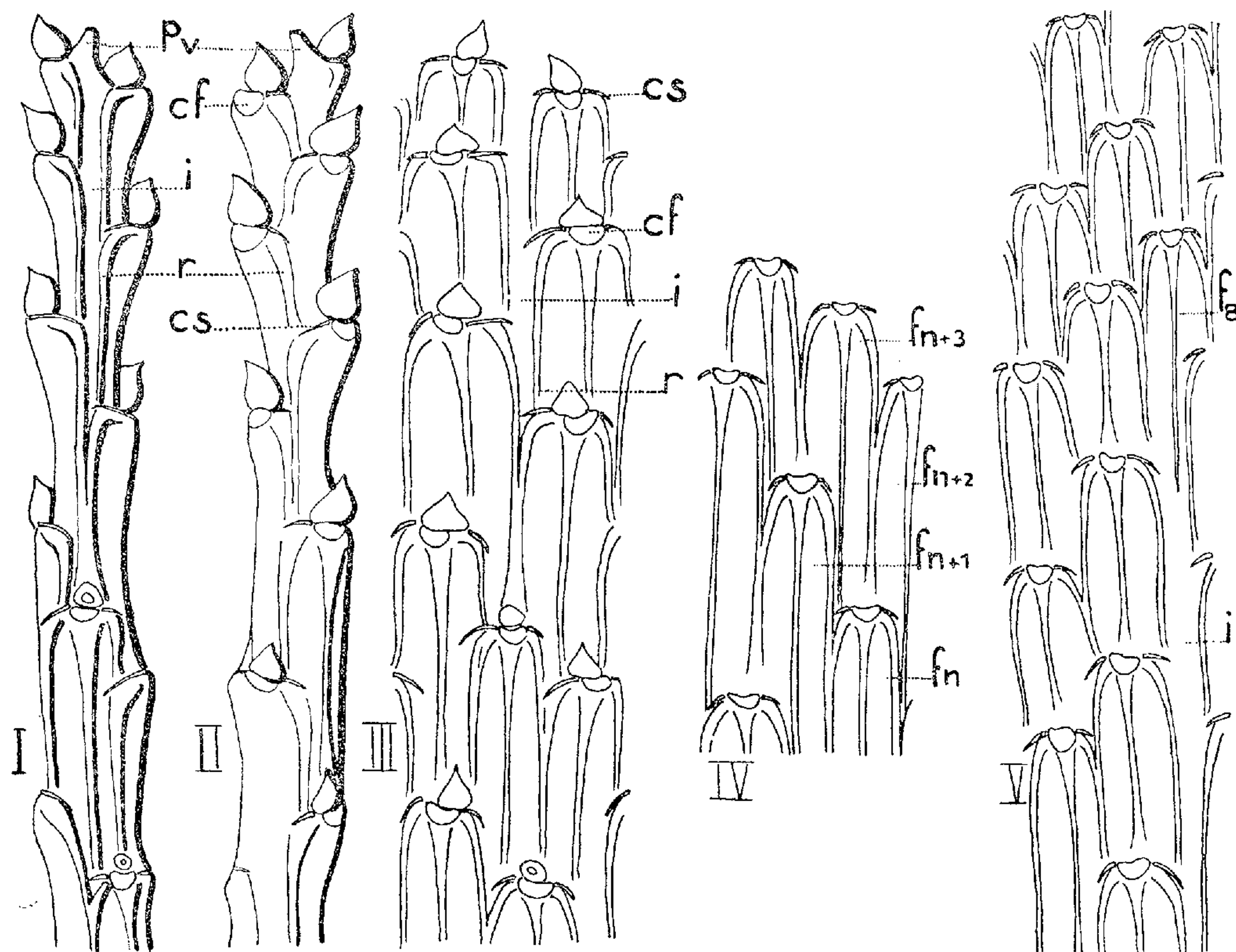
Chez le châtaignier, l'étude phyllotaxique ne peut porter que sur un *fonctionnement annuel des points végétatifs*. En effet, le bourgeon terminal des pousses étudiées sèche sur place dès le mois de juin et tombe au cours de l'été ou de l'automne, si bien que la pousse de l'année suivante, sans lien avec celle qui la précède, provient du développement du bourgeon subterminal.

Les pousses annuelles diffèrent sur les châtaigniers de plein jet et sur les rejets donnés par les souches. Sur les premiers, elles sont comprises entre 1 et 50 cm et comptent de 4 à 20 feuilles, sur les souches elles peuvent atteindre 3 m avec 60 feuilles.

Les rameaux dressés présentent une disposition autre que celle des rameaux plagiotropes dont l'interprétation phyllotaxique est aisée et incite à les décrire d'abord.

Type plagiotrope. — Les rameaux pendants d'un arbre de plein jet et les rameaux latéraux d'une touffe de rejets ont une phyllotaxie identique que nous conviendrons d'appeler le type plagiotrope. Les segments foliaires

f_n et f_{n+1} sont accolés à la face inférieure du rameau (*fig.* II, partie terminale). Les reliefs de la face supérieure, très marqués, dessinent nettement les limites de segments folaires bien séparés (*fig.* I, partie terminale). Une telle disposition est le résultat du fonctionnement de deux centres générateurs; les feuilles sont disposées sur deux hélices foliaires redressées en orthostique et accolées à la face inférieure du rameau (*fig.* III, partie terminale). Il apparaît donc que, lorsque l'axe du point végétatif est subhorizontal, horizontal ou même dirigé vers le sol, seuls les secteurs inférieurs et latéraux de l'anneau initial sont producteurs de feuilles; la zone supérieure inactive peut constituer des intersegments *i* (*fig.* III), larges au



Passage du type orthotrope spiralé au type plagiotrope.

Rameau d'un arbre de plein jet. Fig. I. — Face supérieure d'un rameau, les reliefs sont très accentués. Dans la partie supérieure plagiotrope, les segments foliaires, séparés, délimitent un intersegment *i* de plus en plus large. Fig. II. — Face inférieure du même rameau, les reliefs sont par accentués, les segments foliaires des feuilles successives sont accolés. Fig. III. — Développement dans un plan du même rameau. *cs*, cicatrice stipulaire; *cf*, cicatrice foliaire; *r*, raie en relief correspondant aux faisceaux latéraux; *pv*, emplacement du point végétatif qui a cessé son développement. Échelle : hauteur × 0,5 largeur × 1.

Type orthotrope spiralé.
Fig. IV. — Développement dans un plan.

Passage du type plagiotrope au type orthotrope spiralé.
Fig. V. — Développement dans un plan. Le passage se fait par formation d'une feuille, f_8, dans la zone de l'anneau initial jusqu'alors inactive.

maximum comme la moitié d'un segment foliaire. Ce fait met en évidence le *rôle de l'anneau initial dans l'édification de la tige*, indépendamment des formations foliaires.

Lorsque l'axe du bourgeon se redresse, cette zone de l'anneau initial forme rapidement une feuille dont l'apparition est le terme de passage à une autre disposition essentiellement rencontrée chez les rameaux verticaux.

Type orthotrope spiralé. — Cette disposition est très répandue parmi les Dicotylédones, elle est désignée dans la théorie de la spirale génératrice par l'angle de divergence 2/5; il faut en effet deux tours de spires passant par les feuilles successives pour superposer sensiblement les feuilles n et $n+5$. L'examen des coupes transversales du point végétatif montre que les contacts qui peuvent exister entre les feuilles successives sont secondaires, l'initium f_{n+1} et le primordium f_n sont séparés par une zone de repos méristématique. Les segments foliaires f_{n+2} et f_{n+3} sont jointifs et aboutissent au milieu du segment f_n. L'absence d'intersegment et l'identité des contacts parastiques entre les segments f_{n+2} et f_{n+3} d'une part et f_n d'autre part ne permet pas de préciser s'il y a 2 ou 3 hélices foliaires (*fig.* IV).

Les contacts parastiques entre les segments foliaires f_n et f_{n+1} présentent des variantes : les faisceaux latéraux qui forment à la surface de la tige une raie en relief r (*fig.* I, II et III), alimentent à la fois stipules et pétioles et délimitent ainsi le segment foliaire. Chez les rameaux de taille moyenne ou les rejets peu vigoureux la raie droite du segment f_n et la raie gauche du segment f_{n+1} sont accolées et peuvent se confondre en une seule, la fusion atteignant parfois les faisceaux vasculaires. Par contre, sur les rejets vigoureux, ces raies sont séparées par un espace dont la présence crée un contact parastique supplémentaire pour la feuille f_n avec la feuille f_{n+5}. Il en résulte trois possibilités d'interprétation phyllotaxique, deux hélices sénestres, trois dextres ou cinq redressées en orthostique.

Type orthotrope distique. — Tous les rameaux verticaux ne sont pas du type précédemment décrit. Beaucoup conservent longtemps le type plagiotrope et acquièrent une disposition distique qui est rarement parfaite. Les feuilles apparaissent alternativement dans deux secteurs rigoureusement opposés ne délimitant pas d'intersegment et sont disposées suivant deux hélices foliaires redressées en orthostique sur deux génératrices opposées.

Passage d'un type à l'autre. — La disposition spiralée provient très souvent d'une disposition plagiotrope qui peut n'affecter que les premières feuilles du rameau ou au contraire n'être remplacée par la disposition spiralée que dans les dernières feuilles formées par le point végétatif au cours du développement (*fig.* V).

Le passage inverse du type spiralé au type plagiotrope est observé dans

les rameaux d'un arbre de plein jet. Au cours de l'élongation des entre-nœuds, les rameaux se penchent et perdent leur port semi-vertical. Ce mouvement d'inclinaison à l'horizontale fait apparaître le type plagiotrope à l'extrémité de la pousse annuelle, suggérant l'existence d'un rôle de la pesanteur dans la disposition plagiotrope (*fig.* I, II et III).

Conclusion. — L'ensemble de ces faits rend très vraisemblable qu'il y ait également dans ces trois cas, deux hélices foliaires qui sont indiscutables dans les deux types plagiotropes et distiques.

BOTANIQUE. — *Sur la phyllotaxie et la constitution de l'inflorescence chez le* Cleome spinosa *Jacq.* Note de M. **Moustapha Hadj-Moustapha**, présentée par M. Henri Humbert.

Le *Cleome spinosa* Jacq. présente deux hélices foliaires auxquelles font suite, au niveau de l'inflorescence, cinq hélices bractéoflorales, de même sens, de même mode de contiguïté, et en relation avec les cinq dernières feuilles formées.

La tige principale (issue de la graine) de *Cleome spinosa* Jacq. porte 35 à 40 feuilles, puis se termine par une inflorescence en grappe simple, à développement indéfini. Les feuilles sont alternes; le passage du verticille cotylédonaire à la disposition alterne est réalisé dès la première feuille formée; cependant, sur quelques pieds, les deux premières feuilles sont opposées décussées avec les deux cotylédons.

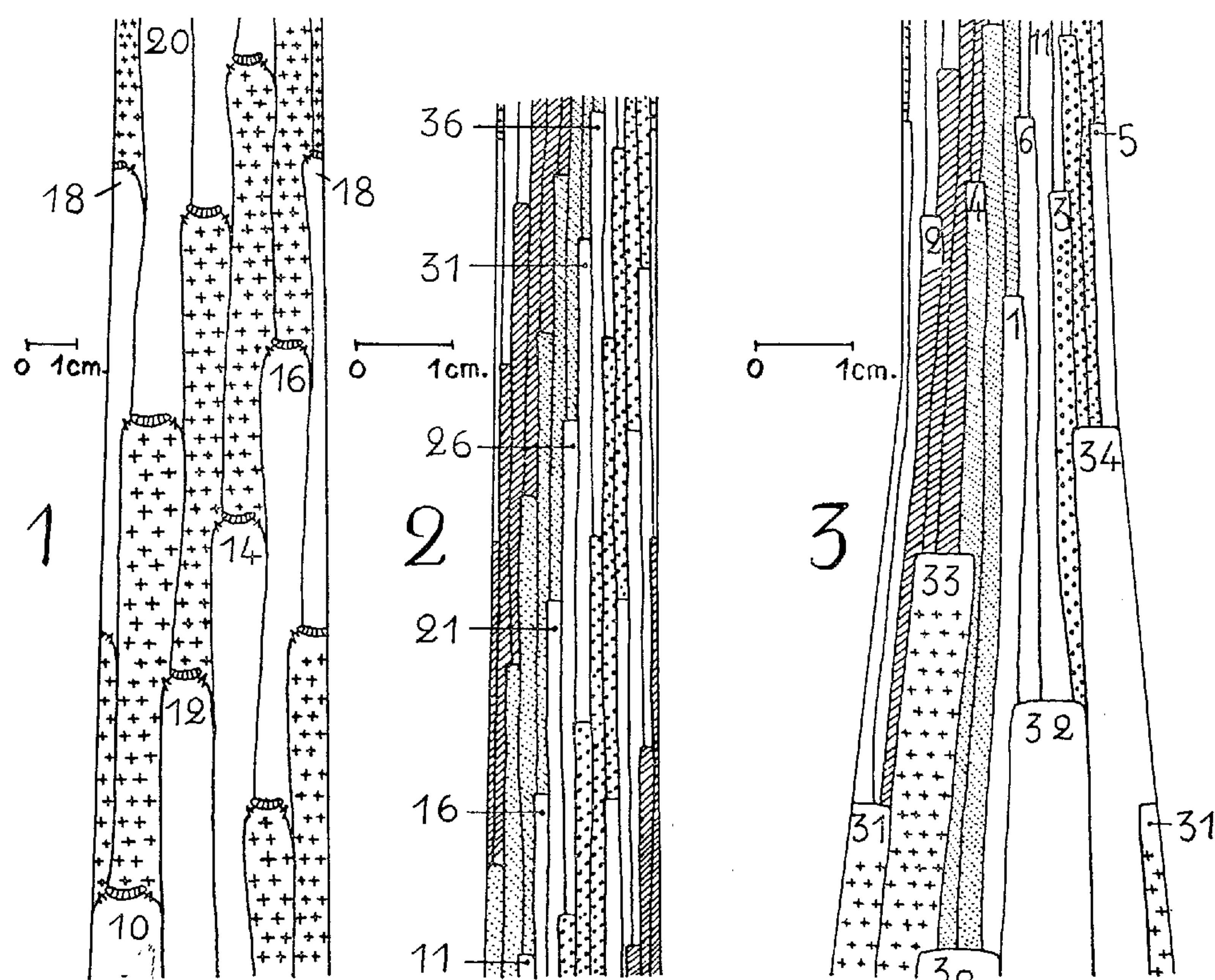
On suit, sans aucune difficulté, les deux hélices foliaires qui prennent leur départ aux deux cotylédons jusqu'aux dernières feuilles qui précèdent l'inflorescence (*fig.* 1). Les segments foliaires de chaque hélice sont contigns par juxtaposition; les deux hélices sont dextres [1].

L'axe de l'inflorescence est couvert extérieurement par les segments bractéaux. Le segment bractéal, doublé intérieurement par les tissus qui font suite à ceux du pédicelle floral dans l'axe de l'inflorescence, fait saillie sur cet axe. Le segment bractéal (ou plus exactement bractéo-floral) prend ainsi la forme d'un bourrelet bien individualisé vers le haut, mais dans sa partie inférieure il perd graduellement ce caractère.

Le segment 21 (*fig.* 2) est bordé par deux cannelures; celle du côté gauche en descendant rencontre la cannelure droite d'un autre segment 16. Il en est de même pour les segments 26, 31, 36, etc. Ainsi aura-t-on une série de segments dont la contiguïté est assurée par juxtaposition; pour l'ensemble de l'axe inflorescentiel on suivra cinq séries dont chacune représente une hélice dextre.

Le sommet de l'inflorescence, dégagé des jeunes fleurs qui le couvrent et observé sous la loupe binoculaire, nous montre au centre une saillie en forme de dôme qui est l'apex inflorescentiel. Cet apex est entouré

par un grand nombre d'ébauches et boutons floraux rangés sur cinq hélices nettement visibles; la formation des plus jeunes ébauches est donc subterminale.



Développements dans un plan :
Fig. 1. — Partie moyenne de la tige principale.
Fig. 2. — Partie moyenne de l'axe inflorescentiel.
Fig. 3. — Passage entre la partie végétative et la partie inflorescentielle.

En conclusion, l'étude morphologique de l'axe de l'inflorescence et l'observation de son sommet mettent en évidence l'existence de cinq hélices bractéo-florales traduisant l'activité de cinq centres générateurs bractéo-floraux dont le fonctionnement est organisé par *un anneau initial inflorescentiel* subterminal. L'étude histologique et cytologique de l'apex inflorescentiel, objet d'une prochaine publication, confirme ce résultat.

La figure 3 représente le passage de la partie végétative à la partie inflorescentielle. Le premier segment bractéo-floral de chaque hélice est presque « superposé » sur un des cinq derniers segments foliaires : 1 sur 30, 2 sur 31, 3 sur 32, 4 sur 33, 5 sur 34; tout se passe comme si les cinq dernières feuilles, entourant le point végétatif, devenaient l'origine d'une hélice bractéo-florale.

L'augmentation du nombre des hélices en passant de la partie végétative à la partie inflorescentielle est corrélative de la diminution de l'angle d'insertion, plus faible pour le segment bractéo-floral que pour le segment foliaire. Ce premier angle, progressivement réduit, n'atteint sa valeur définitive qu'à partir du troisième segment de chaque hélice; les premiers segments se chevauchent légèrement, puis la contiguïté par juxtaposition s'établit.

Cette étude donne à penser que l'*anneau initial végétatif*, mis en évidence par L. Plantefol, qui, dans la tige, engendrait les feuilles et leurs soubassements, continue dans l'inflorescence et fournit les bractées, les fleurs et leurs soubassements bractéo-floraux; il aurait donc changé de fonction : il serait devenu un *anneau initial inflorescentiel*. Seule une étude cytologique permettra de confirmer l'interprétation donnée ici.

(1) Sur 100 pieds cultivés dans le même terrain, 98 présentaient deux hélices dextres sur la tige principale.

BIOCHIMIE. — *La réduction du sulfate en sulfite par la feuille détachée de tabac.* Note de MM. **Pierre Fromageot** et **Hernan Perez-Milan**, présentée par M. Robert Courrier.

Un des stades intermédiaires de la réduction du sulfate en composés sulfhydrilés organiques dans le tabac est constitué par le sulfite. Cette réduction du sulfate en sulfite est considérablement diminuée à l'obscurité.

L'utilisation du sulfate minéral par les végétaux pour la synthèse de la cystéine et de la méthionine est une réaction très générale des organismes autotrophes, et a été démontrée de nombreuses fois, entre autres par A. Kylin (1) sur l'avoine. Les étapes intermédiaires qui conduisent, chez les végétaux, du sulfate au soufre organique réduit ne sont cependant pas connues. On sait que d'autres organismes, tels que les levures (2) et surtout les bactéries sulfatoréductrices (3) réduisent d'abord le sulfate en sulfite, puis la réduction se poursuit jusqu'au stade SH_2. Avec *Aspergillus nidulans*, au contraire, D. J. D. Hockenhull (4) a démontré que la réduction du sulfate passe par l'étape sulfite, puis thiosulfate, et qu'à ce moment le soufre est rattaché à une chaîne organique, et c'est sous cette forme que la réduction se poursuit. Notons enfin que l'embryon de Poulet (5) réduit très rapidement le sulfate en sulfite, ce dernier pouvant être incorporé à une molécule organique sous forme d'acide cystéinesulfinique, la réduction du soufre ne se poursuivant pas au-delà. La formation du sulfite quand il y a réduction de sulfate semble donc être une réaction que l'on retrouve dans un grand nombre d'organismes vivants. Nous montrons ici que les végétaux au cours de la réduction du sulfate forment du sulfite,

comme tous les organismes précités, mais qu'ils s'en distinguent par le rôle que joue la lumière dans cette réduction : à l'obscurité la possibilité de réduction des sulfates disparaît progressivement. Elle est rétablie par l'éclairement.

On détache de tabacs (*Nicotiana tabacum* var. *Samson*) âgés de deux mois environ et cultivés en serre, les feuilles supérieures, en coupant le pétiole au ras de la tige. On fait plonger les pétioles des feuilles (5 g) dans une solution renfermant du sulfate radioactif sans entraîneur (12.10^6 ipm/ml dans nos conditions de mesure) et du sulfite de sodium (25 mg/ml), dont le rôle est de retenir en le diluant le sulfite radioactif formé par la réduction du sulfate sans entraîneur. Les végétaux oxydent en effet [6] le sulfite en sulfate par voie enzymatique, et cette oxydation pourrait masquer totalement la réduction du sulfate si l'on n'ajoutait pas du sulfite entraîneur. Les feuilles sont exposées à la lumière du jour pendant 30 mn. Ensuite, on coupe les pétioles, on broie les feuilles dans l'air liquide et place la poudre refroidie dans un barboteur (B) froid. On y ajoute 10 mg de sulfite de sodium ordinaire comme entraîneur, 15 ml d'eau et 8 ml d'acide phosphorique pur. On place le tout à 30° et fait barboter de l'azote pendant 30 mn. Le SO_2 entraîné par l'azote est lavé dans de l'acide phosphorique dilué au 1/10e, et est absorbé dans 5 ml de potasse à 10 % contenant 1 ml de perhydrol. A la fin de l'opération on dilue la solution alcaline à 25 ml et en mesure la radioactivité, soit directement, soit après précipitation du sulfate à l'état de sulfate de baryum. Les deux méthodes après les corrections d'usage donnent les mêmes résultats. On mesure aussi la radioactivité présente dans le barboteur (B), ce qui permet de savoir combien la feuille a absorbé de solution de sulfate.

La démonstration que la radioactivité de la solution alcaline est bien due à du $^{35}SO_2$ et non à un entraînement de sulfate ^{35}S a été faite de deux façons : on fait barboter l'azote et les gaz entraînés dans une solution alcaline renfermant non du perhydrol, mais du « versène » (1 ml de solution M/100). On précipite la solution alcaline (A) par de l'acétate de baryum après addition de 50 mg de SO_4Na_2. Le précipité composé du sulfate de baryum, de sulfite de baryum et de carbonate de baryum, est recueilli, lavé et décomposé par de l'acide phosphorique. Le SO_2 libéré est capté de la façon décrite. On recommence l'opération une fois. On obtient enfin du sulfite de potassium radioactif. D'autre part, on profite du fait que seul le sulfite est réductible en hydrogène sulfuré par le zinc et l'acide chlorhydrique. Le sulfate n'est pas réduit dans ces conditions. En réduisant de cette manière le sulfite de potassium présent dans la solution alcaline (A), on obtient de l'hydrogène sulfuré recueilli à l'état de sulfure de cadmium. Il est radioactif. C'est donc bien du $^{35}SO_2$ qui est libéré du broyat de feuilles par l'acide phosphorique (tableau).

Réduction du sulfate en sulfite par la feuille de tabac.

Essai.	Radioactivité absorbée en ipm à la lumière.	Radioactivité absorbée en ipm à l'obscurité.	Radioactivité retrouvée sous forme de sulfite (en ipm).
I	1 671 875	–	5 500
II	1 718 750	–	3 400
III	–	562 500	255
IV	–	562 500	242
V	–	1 343 750	162
VI	–	609 370	0
VII	1 468 750	–	9 000
VIII	1 237 500	–	685
IX	1 830 000	–	533

I et II : Plantes normales. Prélèvement des feuilles à 13 h; lumière solaire directe, mois d'août.

III, IV, V, VI : Plantes ayant séjourné respectivement 16 h, 41 h, 54 h et 10 jours à l'obscurité.

VII, VIII, IX : Plantes ayant séjourné respectivement 20 h, 44 h et 72 h à l'obscurité, puis exposées 30 mn à la lumière solaire directe avant le prélèvement des feuilles.

Si on laisse séjourner les pieds de tabac à l'obscurité, et qu'on réalise également l'absorption de la solution de sulfate à l'obscurité, on constate une forte diminution du sulfite formé aux dépens du sulfate, diminution qui s'accentue avec la prolongation du séjour à l'obscurité, jusqu'à s'annuler complètement. En replaçant les pieds de tabac à la lumière, on peut, après 30 mn d'éclairement, retrouver tout ou partie de l'activité réductrice, selon que le séjour à l'obscurité a été plus ou moins long. Il est donc certain que cette réduction nécessite la présence d'un ou de plusieurs métabolites qui se forment à la lumière, et qui disparaissent en son absence. Leur vitesse de resynthèse dans une plante ayant séjourné à l'obscurité pendant une vingtaine d'heures est rapide. Après une cinquantaine d'heures au contraire, 30 mn d'illumination ne peuvent plus assurer une concentration suffisante en ces métabolites pour obtenir une réduction du sulfate comparable à ce que l'on observe dans les tabacs témoins. Il faut noter aussi que la radioactivité spécifique du sulfate ^{35}S soumis au métabolisme végétal est variable et diminue constamment au cours de l'expérience, puisque le sulfite présent s'oxyde en sulfate. Le sulfite est d'autre part utilisé pour la synthèse de nombreuses substances organiques aminées ou non, comme cela a déjà été observé après 5 mn ([7]). Il en résulte que les quantités de sulfite radioactif retrouvées par distillation des feuilles en milieu acide ne représente pas la totalité de la réduction du sulfate en sulfite qui a pu se produire.

(1) *Physiol. Plant.*, 6, 1953, p. 775.
(2) H. SCHANDERL, *Rheinische Weinzeitung*. 2, 1952, p. 27. Cité d'après K. R. BUTLIN et J. R. POSTGATE, *Symposium sur la biochimie du soufre*, Roscoff, 1956.
(3) J. MILLET, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 408.
(4) *Biochim. Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 326.
(5) P. FROMAGEOT et F. CHAPEVILLE (sous presse).
(6) J. M. TAGER et N. RAUTANEN, *Biochim. Biophys. Acta*, 18, 1955, p. 111.
(7) P. FROMAGEOT et H. PEREZ-MILAN (sous presse).

BIOLOGIE. — *Influence d'un corps de chélation, l'acide éthylènediaminetétra-acétique sur la gestation et le développement fœtal du Rat*. Note de M. **HERBERT TUCHMANN-DUPLESSIS** et Mme **LUCETTE MERCIER-PAROT**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration à la Ratte gestante de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) corps de chélation qui se combine au calcium et favorise son élimination, perturbe le développement fœtal. Près de 9 % des fœtus vivants présentent des malformations : polydactylie, duplication de la queue, œdèmes généralisés ou localisés.

Les phénomènes de croissance exigent, comme on le sait, un strict équilibre des électrolytes; toutefois le rôle exact des différentes substances minérales n'est que très partiellement élucidé. En ce qui concerne l'influence du calcium, que nous examinerons ici, on sait que l'hypocalcémie maternelle est une cause fréquente de rachitisme de la première enfance. Le fait a été vérifié sur le plan expérimental. Ainsi R. S. Harris (1) a constaté que des rats issus de mères soumises à des régimes farineux qui diminuent l'assimilation intestinale du calcium en raison de leur forte teneur en acide phytique présentent souvent des lésions rachitiques au cours de leur croissance post-natale.

Il a été par contre impossible de déterminer les répercussions de l'hypocalcémie maternelle sur le développement fœtal des Mammifères en raison des difficultés de créer des déficiences calciques permanentes sans ablation des parathyroïdes. De nouvelles possibilités d'investigation semblent s'offrir maintenant en ce domaine, grâce aux corps de chélation qui mobilisent les métaux lourds de l'organisme en formant des composés hydrosolubles rapidement éliminés par le rein (2).

Nous avons examiné l'action, sur la gestation et le développement fœtal du Rat, de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA), corps de chélation qui se combine au calcium et favorise son élimination au point de pouvoir provoquer des crises de tétanie. L'acide éthylènediaminetétraacétique utilisé nous a été préparé par MM. Merville et Dequitd.

Après avoir déterminé les doses de tolérance sur la Ratte non gestante,

l'EDTA a été injecté par voie intramusculaire à différentes périodes de la gestation aux doses quotidiennes de 20 à 40 mg.

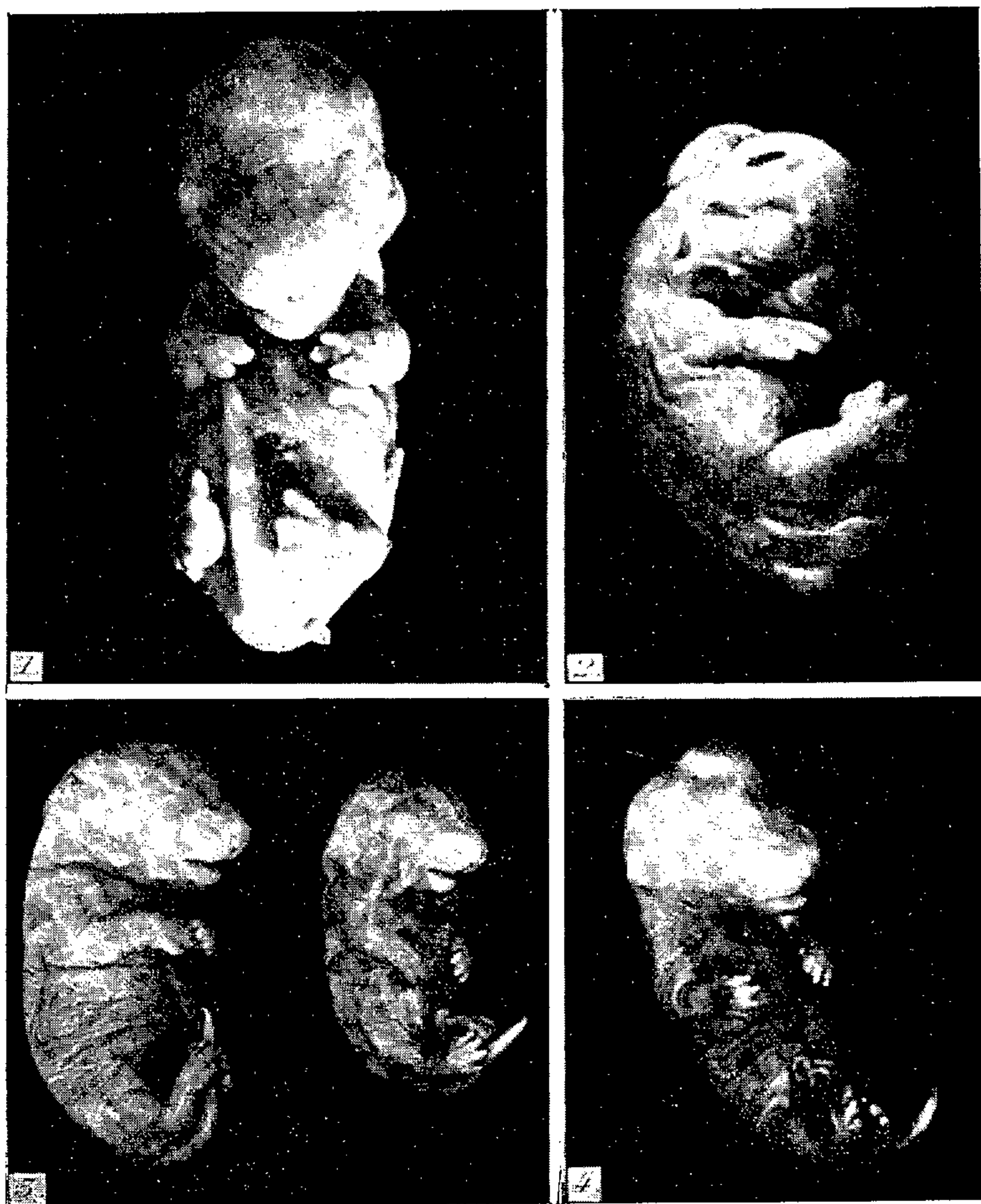
Le détail des conditions expérimentales est indiqué dans le tableau qui résume les résultats.

Groupes.	Doses (mg).	Dates du traitement.	Nombre de femelles traitées.	Évolution de la gestation.	Nombre d'embryons.	Anomalies.
1.....	40	6e jour à la fin	7	6 mortes au 10e jour 1 avortement	–	–
2.....	20	6e jour à la fin	6	1 avortement 5 tuées au 20e jour	47	0
3.....	20 40 20	du 6e au 9e jour du 10e au 15e jour du 16e jour à la fin	7	1 tuée au 18e jour	3 nodules 2 morts 3 vivants	1
				6 tuées au 20e jour	7 embryons 9 » 10 » 10 » 2 » + 2 nodules 8 embryons	2
4.....	40 20	du 6e au 9e jour du 10e jour à la fin	4	1 tuée au 17e jour	11 embryons	1
				3 tuées au 20e jour	8 » 7 » 5 »	3

L'analyse de ce tableau montre que des doses de 40 mg sont non seulement incompatibles avec la gestation, mais tuent généralement la mère après quatre à cinq injections alors que les femelles non gestantes résistent à ce traitement plus de 20 jours. Avec 20 mg, la gestation évolue dans la majorité des cas normalement, les fœtus sont bien conformés et de poids normal. Par contre, lorsque les doses sont augmentées entre le 10e et le 15e jour comme dans le groupe 3, ou seulement pendant les quatre premiers jours du traitement comme dans le groupe 4, un certain nombre de fœtus meurent ou présentent des malformations. Parmi les anomalies les plus apparentes, citons une polydactylie, une duplication de la queue, des œdèmes généralisés avec forte réduction de la taille et des œdèmes circonscrits à la tête (*fig.*).

Ces résultats montrent comme on pouvait le prévoir que la femelle gestante est beaucoup plus sensible à la déficience calcique que l'animal non gestant. Même lorsque l'hypocalcémie maternelle est compatible avec

la poursuite de la gestation, le développement fœtal est perturbé. Près de 9 % des fœtus vivants présentent des malformations apparentes : celles-ci sont trouvées que l'EDTA soit administré à forte dose au début



Anomalies observées après injection d'acide éthylènediaminetétraacétique.

1. Fœtus de 17 jours avec polydactylie. 2. Fœtus de 18 jours avec duplication de la queue.
3. et 4. Fœtus de 20 jours avec œdèmes généralisés ou localisés s'accompagnant d'une diminution de la taille.

ou seulement au milieu de la gestation. La signification des anomalies fœtales sera examinée à propos de leur analyse histologique.

(1) *Nutrition Rev.*, 13, 1955, p. 257.
(2) F. E. Karpinski, F. Riedeas et S. G. Girsh, *J. Pediat.*, 42, 1953, p. 678.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réactions d'ioduration et de désioduration dans la série de la thyronine et des iodothyronines.* Note de MM. **Jean Roche**, **Raymond Michel** et **Walter Wolf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La fixation de l'iode aux cycles benzéniques de la thyronine (acide β [4 (4'-hydroxyphénoxy) phényl] α-aminopropionique) et l'élimination de l'halogène des iodothyronines par hydrogénation catalysée au moyen du nickel de Raney ont fait l'objet de travaux (1) que nous avons récemment étendus. L'ensemble de leurs résultats nous a paru mériter d'être coordonné, en tenant compte de ceux obtenus par C. R. Harington sur l'hydrogénation de la thyroxine en thyronine en présence d'un catalyseur plus énergique ($Pd—CO_3Ca$) (2). Nous nous bornerons à présenter ici les conclusions auxquelles ont conduit nos recherches, basées sur l'emploi d'iodothyronines marquées par l'iode radioactif et sur l'halogénation au moyen d'iode marqué ($^{131}I + ^{127}I$) (3).

1. L'hydrogénation catalytique (nickel de Raney) des radioisomères de la DL-thyroxine marqués en 3 : 5 ou en 3' : 5' par ^{131}I a permis de constater que la paire d'atomes d'halogène fixés en 3' : 5' est plus stable que celle occupant la position 3 : 5. La vitesse de l'hydrogénation des deux radioisomères est identique, mais la libération, à l'état d'iodures, de l'halogène marqué est beaucoup plus rapide dans le cas du premier. La DL-thyronine est, dans l'un comme dans l'autre cas, le terme final de la réaction.

2. L'hydrogénation catalytique de la DL-3 : 5-diiodothyronine conduit, dans un premier temps, à la DL-3-monoiodothyronine (1) et, dans un second, à la DL-thyronine. Celle de la DL-3' : 5'-diiodothyronine comporte les mêmes étapes.

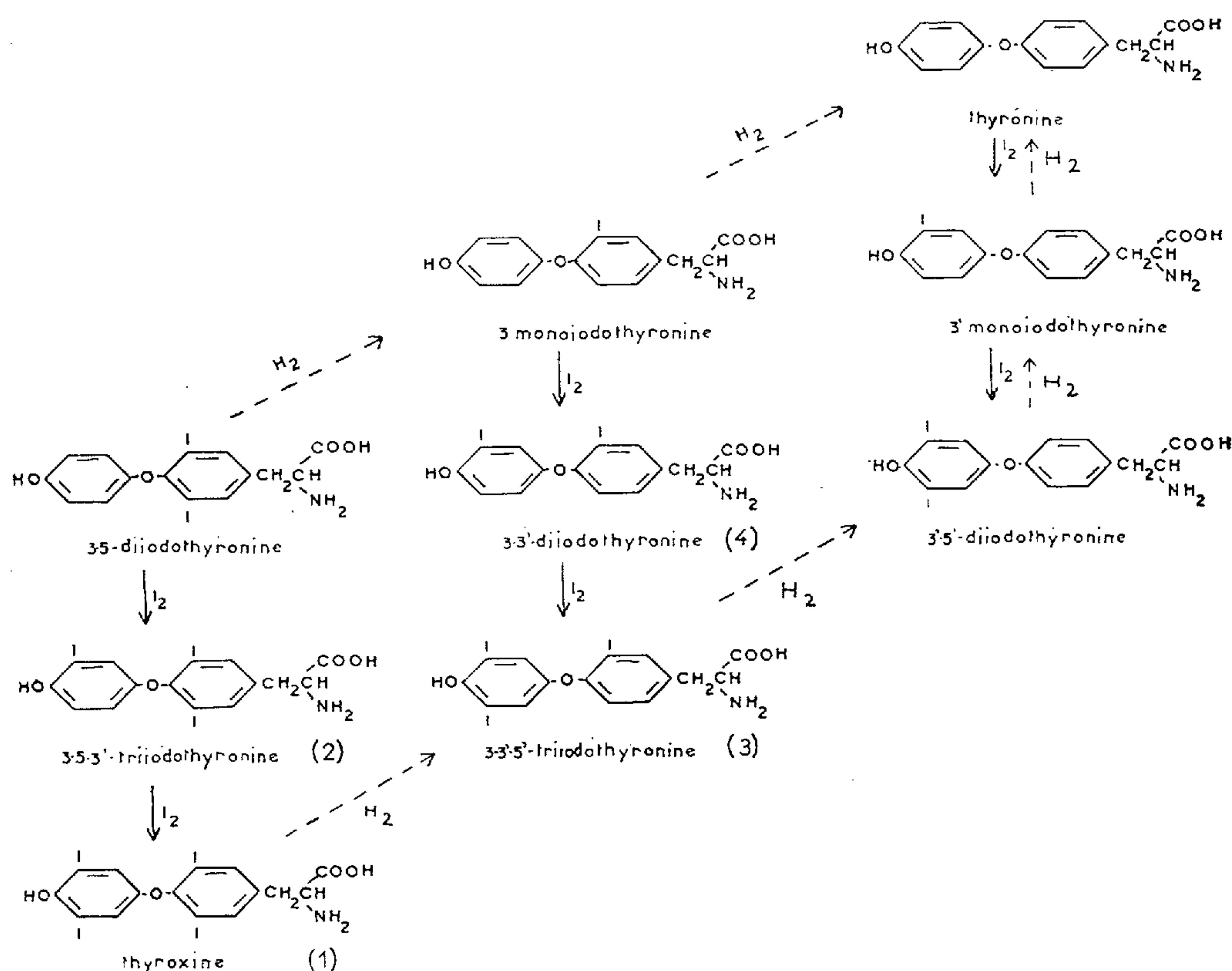
3. L'ioduration directe de la DL-thyronine conduit à la DL-3'-monoiodothyronine, puis, comme terme de la réaction, à la DL-3' : 5'-diiodothyronine (1).

4. L'ioduration directe de la DL-3-monoiodothyronine donne naissance successivement à la DL-3 : 3'-diiodothyronine (1), (4) et à la 3 : 3' : 5'-triiodothyronine (1), produit ultime de la réaction.

5. L'ioduration directe de la DL-3 : 5-diiodothyronine conduit successivement à la DL-3 : 5 : 3'-triiodothyronine (5) et, dans une dernière étape, à la DL-thyroxine (2). Le schéma suivant rend compte de l'ensemble des faits acquis dans ce domaine.

Ce schéma illustre deux aspects généraux des processus étudiés. D'une part, les réactions d'ioduration et de désioduration comportent toutes des paliers successifs, correspondant à des dérivés 3- ou 3'-monoiodés et 3 : 5- ou 3' : 5'-diiodés sur un même cycle et non la fixation ou

la mise en liberté de l'iode par paires d'atomes dont les positions sur le cycle sont équivalentes (3 : 5 ou 3' : 5'). D'autre part, ces réactions sont l'une et l'autre régies par la beaucoup plus grande affinité pour l'iode des carbones 3' et 5' en ortho du groupement phénolique du cycle B, l'ioduration en 3 : 5 du cycle A ne pouvant être réalisée qu'indirectement. Une conséquence de cet état de choses est que déshalogénation et halogénation sont, dans la série étudiée, deux réactions dont le mécanisme est fondamentalement différent.



Conclusions. — Les réactions d'ioduration et de désioduration dans la série de la thyronine et des iodothyronines comportent des paliers successifs correspondant à des dérivés monoiodés (3 ou 3') et diiodés (3 : 5 ou 3' : 5') sur un même cycle. Les modalités de ces réactions s'expliquent par le fait que l'affinité pour l'iode des carbones 3' et 5' est beaucoup plus grande que celle des carbones 3 et 5.

(1) J. Roche, R. Michel et W. Wolf, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 597.

(2) C. R. Harington, *Biochem. J.*, 20, 1926, p. 293.

(3) La séparation chromatographique des constituants des mélanges réactionnels au

moyen de solvants appropriés, la radioautographie et la mesure de la répartition de la radioactivité entre les taches des chromatogrammes ont permis l'étude des réactions d'halogénation et de déshalogénation, selon des modalités que l'on trouvera décrites dans : W. WOLF, *Biochimie des hormones thyroïdiennes, synthèse, identification et activité biologique de quelques iodothyronines, Thèse Doct.*, Univ. Paris (Sciences), 1 vol. 154 p. (dactylog.), Paris, 1956.

(4) C. L. GEMMILL, J. J. ANDERSON et A. BURGER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 2434.

(5) J. ROCHE, S. LISSITZKY et R. MICHEL, *Biochim. Biophys. Acta*, 11, 1953, p. 215; J. GROSS et R. PITT-RIVERS, *Biochem. J.*, 53, 1953, p. 695.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Composition d'un glycoprotéide isolé du lait de Femme.* Note de MM. **JEAN MONTREUIL** et **JAMES HOLLEMAN**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Un glycoprotéide a été isolé du lait de Femme par fractionnement éthanolique et sa composition en glucides et en acides aminés a été déterminée.

L'analyse chromatographique des glucides du lait de Femme met en évidence de nombreux polyosides qui sont essentiellement composés de galactose, glucose, fucose et acétylglucosamine en proportions variées (1). Le rôle de ces composés n'a pas été précisé, mais on peut se demander s'ils ne représentent pas des produits intermédiaires du métabolisme des glycoprotéides du lait. Aussi nous a-t-il semblé intéressant de comparer les compositions des polyosides et des glycoprotéides du lait de Femme.

Nous avons dans un premier temps préparé un glycoprotéide non dénaturable par l'alcool selon le mode opératoire ci-dessous :

Deux litres de lait de Femme sont additionnés de 6 vol d'éthanol absolu froid (+ 2° C). Le précipité est repris deux fois par 1 l d'eau. La solution est dialysée puis concentrée à 200 ml. L'électrophorèse sur papier en tampon véronal de pH 8,9 permet de déceler la présence d'un glycoprotéide, de sérumalbumine et de β-lactoglobuline; celles-ci sont éliminées par des précipitations répétées à pH 4 par le sulfate d'ammonium à demi-saturation. La solution est enfin précipitée, après dialyse, par 6 vol d'éthanol et le glycoprotéide est lavé plusieurs fois à l'alcool absolu froid, puis à l'éther sulfurique, et desséché dans le vide en présence d'anhydride phosphorique (Rdt : environ 0,50 g par litre de lait de Femme). Ses principales caractéristiques sont les suivantes : *Azote*, 10 %; *Hexoses*, 19,56 %; *Hexosamines*, 10 %; *Acides uroniques*, recherche négative; *Acide sialique*, recherche positive.

Nous avons ensuite étudié la copule polyosidique du glycoprotéide. Des hydrolysats sulfuriques sont préalablement passés successivement sur des colonnes d'échangeurs de cations (*Permutite* 50) et d'anions

(*Deacidite* 200) et fractionnés ensuite par chromatographie sur papier dans le système-solvant pyridine/acétate d'éthyle/eau (1 : 2 : 2). Le dosage des oses, galactose et fucose, et des osamines, glucosamine et galactosamine (caractérisées dans la fraction d'élution ammoniacale de la *Permutite* 50, selon la méthode de Gardell et coll.) (²) est réalisé à l'aide d'une technique précédemment décrite (³). Les rapports moléculaires sont les suivants : *galactose*, 6; *fucose*, 5; *hexosamines*, 5.

La composition en acides aminés a été déterminée par la méthode de Lévy modifiée (⁴), (⁵) : les DNP-aminoacides obtenus par action du dinitrofluorobenzène sur des hydrolysats chlorhydriques du glycoprotéide sont séparés par chromatographie bidimensionnelle, puis dosés par spectrophotométrie à 360 mμ (proline, 385 mμ). Le tableau ci-contre résume les résultats.

	Résidus d'aminoacides (%).		Résidus d'aminoacides (%).
Acide aspartique....	12,5 (± 0,10)	Proline............	6,0 (± 0,30)
Acide glutamique....	11,8 (± 0,20)	Tyrosine...........	4,6 (± 0,50)
Leucine............	10,7 (± 0,30)	Phénylalanine.......	3,5 (± 0,20)
Alanine............	8,6 (± 0,10)	Méthionine.........	2,0 (± 0,20)
Sérine..............	7,2 (± 0,08)	Cystine............	1,07 (± 0,03)
Thréonine..........	7,0 (± 0,10)	Lysine.............	5,5 (± 0,20)
Glycocolle..........	6,8 (± 0,03)	Arginine...........	4,5 (± 0,30)
Valine..............	6,5 (± 0,30)	Histidine..........	2,3 (± 0,20)

Par sa teneur particulièrement élevée en glucides, le glycoprotéide que nous avons isolé du lait de Femme se classe — selon la nomenclature de Stacey — parmi les mucopolyosides. Sa composition se rapproche de celle des polyosides du lait de Femme, en particulier du polyoside 13, qui est constitué de galactose, fucose et acétylglucosamine dans les proportions moléculaires 4 : 5 : 1.

Cette constatation est en faveur de l'hypothèse de rapports métaboliques entre polyosides et mucopolyosides.

(¹) M. Polonovski et J. Montreuil, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2263 et *Bull. Soc. Chim. Biol.*, (en préparation).

(²) S. Gardell, F. Heijkensjold et A. Rochnorlund, *Acta Chem. Scand.*, 4, 1950, p. 970.

(³) J. Montreuil, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1639.

(⁴) A. L. Lévy, *Nature*, 174, 1954, p. 126.

(⁵) G. Biserte, F. Tayeau, J. Montreuil, J. Holleman et M. Dautrevaux, *Clin. Chim. Acta*, 1, 1956, p. 115.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les troubles métalliques de la bière. Composition du trouble stanneux* (¹). Note de MM. **Georges Michel** et **Philippe Lebreton**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La composition d'un trouble stanneux de la bière a été étudiée. La fraction protéique, riche en soufre, contient à côté des aminoacides habituels, de l'acide γ-amino butyrique, identifié par chromatographie et par l'étude de son dérivé dinitro-2.4 phénylé. La fraction non protéique renferme l'étain, des résines, du glucose et des leucoanthocyannes.

La bière, milieu colloïdal complexe, est souvent sujette à l'apparition de louches, floculats ou précipités. Si les facteurs d'instabilité sont assez bien connus : froid, oxydants, ions métalliques, il n'en est pas de même de la nature des substances participant à la formation des troubles.

Les travaux les plus récents, de L. Ljungdahl et E. Sandegren [2], de W. I. Bengough et G. H. Harris [3], s'ajoutant à des analyses désormais classiques [4], [5], [6], permettent l'hypothèse d'une structure protéino-tannique. La fraction protéique dériverait principalement de la β-globuline de l'orge, ou de l'hordéine, tandis que l'existence de *tannins* peut être prouvée à partir de réactions colorées, des résultats de fusion alcaline, et de la présence de glucose.

Cependant, W. Lhoest, R. Lontie et J. de Clerck [7] avancent que le trouble ne contient pas de tannins, mais des pentoses liés à une fraction azotée qui, dépourvue de cystine, ne saurait s'identifier à la β-globuline.

Bien des points restent donc à préciser sur la nature des troubles. Notre étude a porté sur un trouble dû à l'étain : 7 mg/l de Sn^{++} [1].

L'analyse élémentaire donne (en %) : C 46,8; H 6,0; N 8,85; S 1,62; P < 0,1; Cendres 4,1.

a. Fraction minérale. — L'analyse spectrographique décèle la présence majeure d'étain, dont le dosage est effectué par une microméthode volumétrique adaptée de J. Cheftel et D. Blass [8]. La faible teneur, 3,4 %, souligne la sensibilité de la bière aux ions stanneux.

b. Fraction protéique. — L'analyse élémentaire indique la présence de 55 % d'une fraction protéique particulièrement riche en soufre : 2,9 %, s'apparentant donc à la β-globuline de l'orge [9], [10].

— Après hydrolyse, 16 aminoacides principaux peuvent être identifiés : acide glutamique, glycocolle, acide aspartique, leucine, alanine, valine, cystine, sérine, proline, lysine, thréonine, histidine, acide γ-aminobutyrique, arginine, hydroxylysine, phénylalanine.

— La nature de la plupart de ces aminoacides est déterminée par chromatographie bidimensionnelle (butanol-acide formique, phénol aqueux).

— Les aminoacides basiques : lysine, histidine, arginine, hydroxylysine, sont identifiés par électrophorèse, sur papier selon H. Harris et F. L. Warren [11].

— Le couple valine-méthionine est séparé par chromatographie unidimensionnelle dans le phénol tamponné à pH 4 [12]. La méthionine est pratiquement absente.

— L'acide γ-aminobutyrique, dont l'existence a été soupçonnée dans un trouble au froid [3], a été étudié plus particulièrement.

L'aminoacide au comportement chromatographique identique à celui d'un acide γ-aminobutyrique authentique, a été isolé par chromatographies préparatives [13] : l'hydrolysat est déposé en bande continue sur un grand chromatogramme, développé par le butanol formique; la zone de R_f 0,29 $\pm$ 0,04 est éluée par l'alcool à 50 %, puis l'éluat, concentré, est rechromatographié dans le phénol. La zone de R_f 0,71 $\pm$ 0,05 fournit l'aminoacide sensiblement pur.

Le DNP-dérivé, préparé par la méthode de F. Sanger [14], possède les mêmes propriétés chromatographiques et spectrales ultraviolettes que le DNP-dérivé témoin.

Phénol-alcool isoamylique-eau (1-1-1) : R_f 0,66;

Pyridine-alcool isoamylique-AmOH 1,6 N (3-7-10) : R_f 0,45 [15];

Spectre ultraviolet : maxima à 274 et vers 350 mμ; minima à 248 et vers 315 mμ. Ces caractéristiques n'ont pas encore été décrites dans la littérature.

La présence de l'acide γ-aminobutyrique a été signalée par G. Biserte et R. Scriban [6], [16] dans plusieurs polypeptides de l'orge et du moût. La fraction protéique du trouble stanneux serait donc, au moins partiellement, de nature polypeptidique, ce qui va à l'encontre de l'opinion généralement admise en brasserie, selon laquelle iraient de pair taille des molécules protéiques et instabilité colloïdale.

c. *Fraction résiduelle*. — 1° La dessiccation prolongée du trouble, sous vide, sur P_2O_5, à 80°, révèle une teneur en eau de 10,7 %, rapidement reprise en atmosphère ambiante.

2° L'hydrolyse sulfurique libère du glucose, des traces de mannose et de pentoses. Une teneur de 5,5% en glucose est déterminée par dosage colorimétrique à l'anthrone [17].

3° L'extraction par le benzène fournit 5,5 % d'un composé analogue aux résines du houblon.

4° L'action, sur le trouble non desséché, de HCl 2N au bain-marie

bouillant, conduit à des anthocyannes, identifiables au cyanidol et delphinidol ([13]), ([18]). Nous prouvons donc ainsi la présence de leucoanthocyannes dans le trouble.

En bon accord, la fusion alcaline à l'échelle microanalytique ([19]) fournit du phloroglucinol, de l'acide protocatéchique et de l'acide gallique, identifiés par chromatographie sur papier ([20]).

Le leucocyanidol est le plus abondant; le dosage colorimétrique des leucoanthocyannes totaux donne une teneur de 8 %. Un témoin de leucocyanidol, traité dans les mêmes conditions, fournit la gamme étalon ([21]).

On sait que les leucoanthocyannes possèdent le comportement et la plus grande part des propriétés des tannins catéchiques ([22]). La spécificité d'adsorption du leucocyanidol pour la fraction globulinique sérique ([23]) mérite également d'être rappelée. Récemment enfin, la présence d'*anthocyannes* a été signalée dans un *trouble au froid artificiel* de la bière ([24]).

([1]) G. Michel, B. Gagnaire et P. Lebreton, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 38, 1956, p. 931.
([2]) *Proc. E. B. C.*, 1955, p. 98.
([3]) *J. Inst. Brew.*, 61, 1955, p. 134.
([4]) E. Sandegren, *Proc. E. B. C.*, 1947, p. 28; J. M. St Johnston, *J. Inst. Brew.*, 54, 1948, p. 305.
([5]) B. D. Hartong, *Proc. E. B. C.*, 1949, p. 56 et 250.
([6]) *Proc. E. B. C.*, 1953, p. 48.
([7]) *Bull. Assoc. Anc. Étud. Brass. Louvain*, 49, 1953, p. 121.
([8]) *Ann. Falsif. Fraud.*, 1934, p. 528.
([9]) S. Saverborn, G. E. Danielsson et The Svedberg, *Svensk. Kem. Tidskr.*, 56, 1944, p. 75.
([10]) R. Jensen, *Acta Chem. Scand.*, 6, 1952, p. 771.
([11]) *Biochem. J.*, 57, 1954, p. 4.
([12]) E. F. Mc Farren, *Anal. Chem.*, 23, 1951, p. 168.
([13]) L. Cronenberger, *Thèse Doct.*, Lyon, 1956.
([14]) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 507.
([15]) G. Biserte et R. Osteux, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 50.
([16]) *Proc. E. B. C.*, 1951, p. 195.
([17]) R. Johanson, *Anal. Chem.*, 26, 1954, p. 1331.
([18]) E. C. Bate-Smith, *Biochem. J.*, 58, 1954, p. 122.
([19]) A. Maurice et C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 369.
([20]) E. C. Bate-Smith, *Biochem. Soc. Symp.*, n° 3, 1950, p. 62.
([21]) MM. J. Masquelier (Bordeaux) et L. Cronenberger (Lyon) nous ont donné le leucocyanidol et le cyanidol.
([22]) E. C. Bate-Smith et J. Swain, *Chem. Ind.*, 1953, p. 377.
([23]) F. Tayeau et J. Masquelier, *Coll. Hétér. Oxyg.*, Lyon, septembre 1955.
([24]) W. D. Mc Farlane, E. Wye et H. L. Grant, *Proc. E. B. C.*, 1955, p. 298.

PARASITOLOGIE. — *Castration parasitaire de* Pandora albida (*Roding*), (P. inæquivalvis *L.*), *Mollusque Pélécypode Eulamellibranche, par* Cercaria melanocystea *n. sp., cercaire à grande queue vésiculeuse.* Note de Mlle **Lucie Arvy** et M. **Jean-M. Gaillard**, présentée par M. Robert Courrier.

La gonade de *Pandora albida* (Roding) peut être parasitée par une cercaire caudée que nous proposons de dénommer *C. melanocystea*, en raison de la coloration de la plus grande partie de sa queue et de son kyste; lorsque le parasitisme est intense la gonade est entièrement détruite.

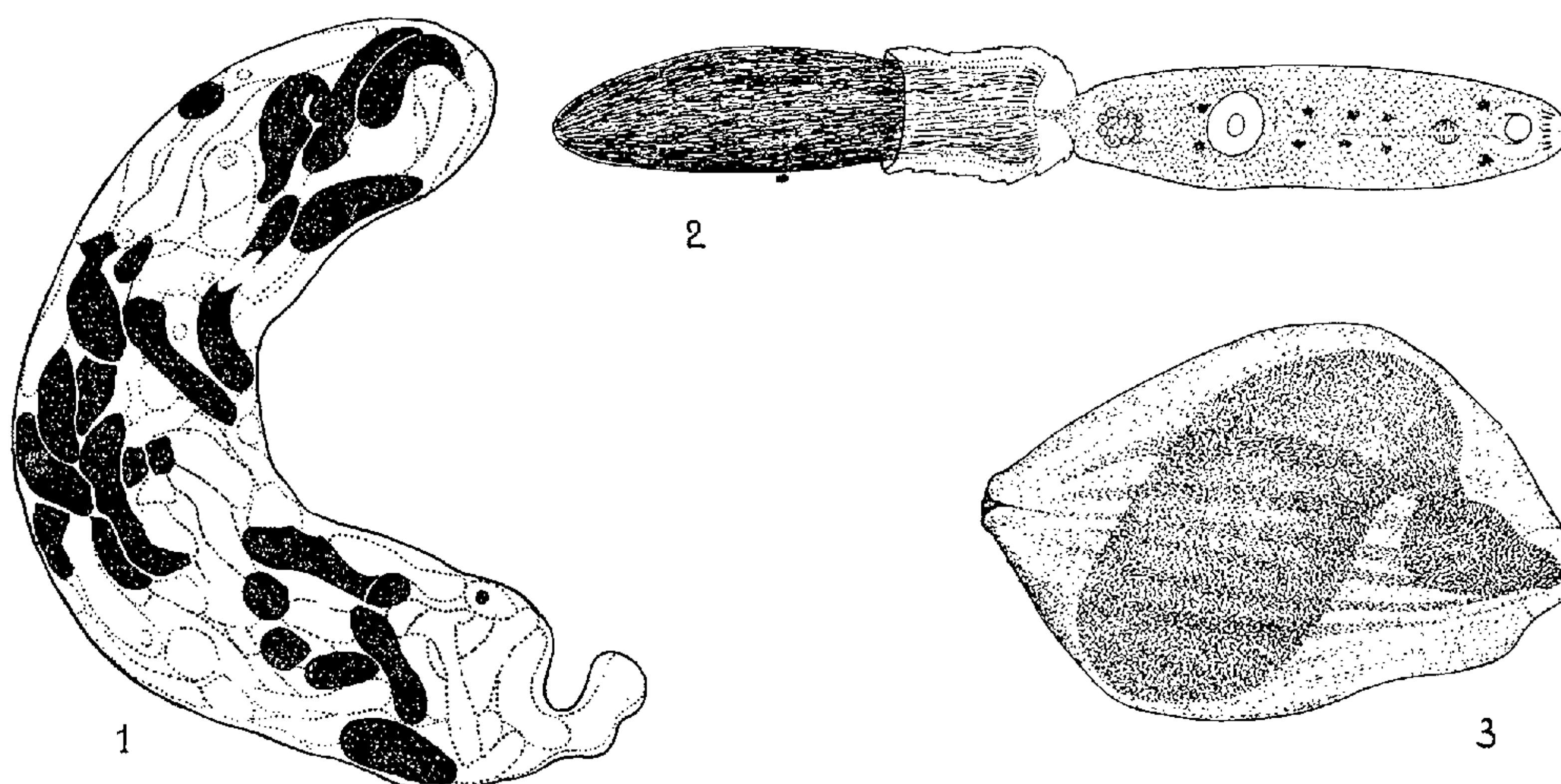
Les *Pandora albida* (Roding) sont assez fréquentes dans la baie du Prieuré, à Dinard (Ille-et-Vilaine); on les trouve, en particulier, entre le niveau moyen des basses mers et le niveau des basses mers de morte-eau, sur des fonds vaseux, ou sablo-vaseux, nus ou recouverts de zostères. Nous avons pu en recueillir 268; sur ce nombre 20 hébergeaient de nombreux sporocystes transparents, de tailles inégales, porteurs de cercaires pourvues d'une poche caudale noire.

Les *sporocystes* apparaissent, à travers le manteau, dès la résection de la valve plane du Mollusque, à la place habituelle de la gonade ♂, à la surface de la glande digestive à laquelle ils donnent un aspect moucheté; ils sont en forme de sac, avec un fond arrondi et une extrémité allongée en col, terminé par un orifice; leur paroi est lisse et peut se plisser finement. Le caractère le plus marquant des sporocystes est leur aspect bicolore, dû à ce que les cercaires qu'ils contiennent sont constituées de deux parties très différentes l'une de l'autre; en effet, au corps de la cercaire, blanchâtre et foliacé, est appendue une longue poche noire ovoïde. La taille des sporocystes varie entre 300 et 1600 μ de long et 90 à 240 μ de large, elle est donc très variable et leur richesse en cercaires est proportionnée à leur taille : certains sporocystes contiennent cinq cercaires et d'autres en contiennent 60, il semble que la paroi du sporocyste se rétracte sur ses cercaires à mesure qu'il se vide; cette paroi est fortement Hotchkiss-positive (*fig.* 1).

La cercaire proprement dite mesure de 100 à 240 μ de long et 40 à 80 μ de large, suivant qu'elle est contractée ou en extension. Elle est uniformément spinulée (*fig.* 2); sur coupes les épines apparaissent longues et fines; elles sont fortement fuchsinophiles et elles sont implantées dans un tégument riche en glucides Hotchkiss-positifs.

La cercaire est pourvue de deux ventouses, de diamètre sensiblement égal et voisin de 30 μ; la ventouse antérieure est nettement ventrale, elle est surmontée par un prolongement dorsal qui porte de nombreux orifices mais est dépourvu de stylet. L'acétabulum est situé en arrière de la moitié

du corps de la cercaire. Il existe un pharynx d'environ 18 μ de long situé immédiatement en arrière du cerveau. L'œsophage est relativement long; il se bifurque près de l'acétabulum en deux cœcums qui se terminent à la hauteur de la vessie. Cette dernière est globuleuse et apparaît *in vivo* comme un amas de grosses cellules; sur coupe elle a la forme d'une couronne, formée de grosses cellules dont le cytoplasme est plein de granules fuchsinophiles. Il existe deux paquets paramédians de glandes salivaires qui s'étendent jusqu'à la hauteur de l'acétabulum. Les colorations vitales



par le bleu de crésyle, ou par le bleu de toluidine, font apparaître 10 taches métachromatiques, dendritiformes, ventrales et paramédianes; 2 sont proches de la ventouse buccale, 6 sont en avant de l'acétabulum et 2 sont en arrière de lui et en avant de la vessie. De fins canalicules excréteurs relient ces formations, qui apparaissent comme des glandes unicellulaires, soit à la lèvre dorsale de la ventouse buccale (pour les 3 paires antérieures), soit à la partie postérieure de la cercaire, de part et d'autre du filament caudal et en avant de la poche caudale pour les 2 paires postérieures).

La poche caudale pigmentée mesure de 80 à 180 μ de long et 26 à 52 μ de large, suivant son degré de distension. On peut lui distinguer deux parties, une proximale, transparente, et une distale mélanisée. La partie proximale se rabat en cloche sur la partie distale, qui coulisse à son intérieur. La partie proximale est finement spinulée; sur coupes elle apparaît hyaline et fortement Hotchkiss-positive. La partie distale est d'aspect crêpé, sa paroi est épaisse, riche en mélanine et faiblement Hotchkiss-positive. Vue sur coupes perpendiculaires à son grand axe la poche caudale apparaît avec un contour circulaire. Chez les cercaires encore éloignées

du terme de leur évolution, la poche est occupée par de grandes cellules qui élaborent une sorte de gelée Hotchkiss-négative; plus tard cette gelée disparaît et il ne reste plus dans l'axe de la poche qu'un filament caudal, axial, qui relie la région post-vésicale de la cercaire au fond de la poche. L'invagination de la partie distale, pigmentée, de la queue dans la partie proximale est conditionnée par l'état de contraction ou de distension de ce filament caudal, qui apparaît tantôt comme un étroit ruban, tantôt comme une bande assez large et extrêmement mince; sur coupe ce filament est riche en glucides Hotchkiss-positifs.

Au terme de l'évolution de la cercaire la poche caudale est l'équivalent d'un cyste : la cercaire a la possibilité de pénétrer entièrement dans ce cyste et elle l'occupe en totalité; le parasite enkysté affecte la forme d'un citron de 200 μ de long et de 125 μ de large, en moyenne; sa paroi a de 12 à 15 μ d'épaisseur. Mis au contact d'eau distillée le kyste se gonfle et laisse apercevoir les détails de sa structure (*fig.* 3).

La poche caudale n'a pas un intérêt vital pour la cercaire, au moins dans l'immédiat; en effet, par pression, ou par étirement, on peut séparer la cercaire de sa poche caudale sans dommage apparent.

Discussion. — Les cinq paires de taches métachromatiques para-médianes représentent très certainement les glandes unicellulaires mucoïdes décrites récemment par Kruidener ([3]), chez certaines cercaires opisthorchides. Cet auteur admet, avec vraisemblance, que la substance mucoïde sécrétée par ces glandes forme à la cercaire un revêtement protecteur contre les sucs digestifs de l'hôte définitif du Trématode.

Le classement de cette cercaire parasite de *Pandora* s'avère difficile. En effet, *C. melanocystea* ne rentre pas dans le groupe des cercaires cystophores tel que l'a défini Sinitzin ([6]), car elle est dépourvue d'appendices. Elle ne rentre pas davantage dans le groupe élargi des cercaires cystophores de Cort et Nichols ([1]), car elle est dépourvue de stylet de pénétration. Elle ne peut, non plus, être classée dans le groupe des cysticerques de Faust ([2]), car sa queue n'est pas bifurquée, sa vessie n'est pas en Y et elle est dépourvue de rudiment sexuel : cirre ou gonade. Elle ne peut enfin être classée dans le groupe des cercaires macrocerques gorgodérinées de Luhe ([4]) ou des cystocerques de Sewell ([5]), car elle manque de stylet de pénétration et l'encystement n'est pas limité à la région antérieure de la cercaire.

Conclusion. — *Pandora albida* (Roding) peut être parasitée par une cercaire caudée que nous proposons de dénommer *Cercaria melanocystea*, en raison de la coloration noire de la plus grande partie de sa queue et de son kyste. Cette cercaire semble occuper une place à part parmi les cercaires à cystes. Lorsque le parasitisme est intense, la gonade est entièrement détruite, toute la loge génitale hermaphrodite est remplacée par des sporocystes.

(1) *J. Parasit.*, 7, 1920, p. 8-15.
(2) *J. Parasit.*, 4, 1918, p. 148-153.
(3) *J. Parasit.*, 39, 1953, p. 385-391.
(4) *Parasitische Plattwürmer*, Susswasserfauna Deut., 17, 1909.
(5) *Cercariæ Indicæ. Suppl. J. Indian. Med. Res.*, 10, 1922, p. 1-372.
(6) *C. R. Acad. Sc. Saint-Pétersbourg.*, 30, 1911, p. 1-127.

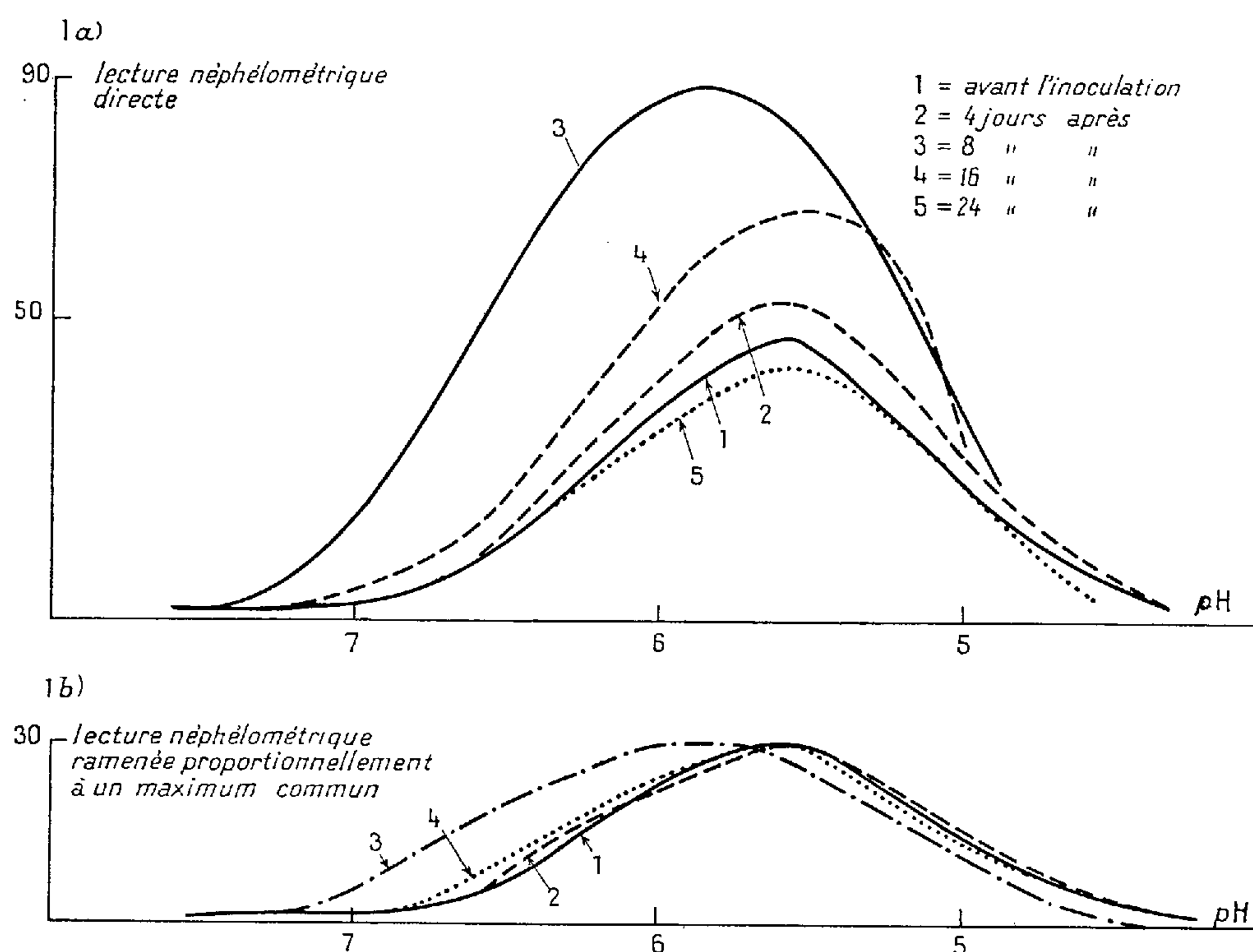
SÉROLOGIE. — *Étude humorale de la trypanosomiase expérimentale du Rat.* Note (*) de Mmes **Huguette Fromentin**, **Marguerite Sandor** et MM. **Georges Sandor** et **Jean Levaditi**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Le huitième jour après l'infection par *Trypanosoma gambiense* et coïncidant avec l'apparition de trypanolysines dans le sang, il y a une très forte augmentation du taux des γ-globulines dans le sérum. Cette véritable crise humorale est de très courte durée.

Relativement peu de travaux ont été consacrés à ce sujet jusqu'à ce jour. M. Ganzin, P. Rebeyrotte, M. Machebœuf et G. Montezin (1) constatent chez les cobayes infectés par *Trypanosoma brucei* une diminution du taux de l'albumine et une augmentation de celui des α_2-globulines, alors que dans l'infection par *Trypanosoma gambiense* des mêmes animaux le taux des γ-globulines augmente. Or, l'infection, mortelle dans le premier cas, est d'évolution moins grave et chronique dans le second. W. M. Meyers et M. G. Lysenko (2) relèvent l'augmentation du taux des γ-globulines chez les rats infectés par *Trypanosoma lewisi*. Enfin, R. Vargues et M. Filliâtre (3) montrent que chez les rats et les cobayes infectés par *Trypanosoma equiperdum* la fiche réticuloendothéliale se déplace vers la région acide, tout d'abord, puis, plus tard, vers la région alcaline. Chez les lapins les modifications humorales sont discrètes et se caractérisent uniquement par un déplacement du diagramme vers la région acide.

Nos recherches portent sur des rats infectés par la voie péritonéale avec 1 à 4.10^6 *Trypanosoma gambiense* de souche « M'Bala Victor ». L'évolution de l'infection expérimentale, décrite par l'un de nous (4), se caractérise par une parasitémie forte, mais d'une durée de 4 à 5 jours seulement, n'entraînant pas la mort de l'animal. Après la disparition des parasites, la splénomégalie est accusée (4). Présentement nous avons recherché, aux divers stades de l'évolution de l'état morbide, parallèlement la présence d'anticorps, les modifications anatomopathologiques et humorales; ces dernières soit par la fiche réticuloendothéliale, soit par l'électrophorèse libre. Les agglutinines, démontrées selon la technique de S. Inoki (5) apparaissent, parfois, dès le 4e jour de l'infection, puis

leur taux atteint un maximum vers le 7e ou 8e jour. Les trypanolysines, mises en évidence selon A. Laveran et F. Mesnil (6) n'apparaissent qu'après la stérilisation des humeurs, vers le 7e ou 8e jour de l'infection. Quoi qu'à un taux relativement diminué à partir du 20e jour, les deux anticorps persistent longtemps après dans le sang. L'examen anatomopathologique décèle une réaction modérée des systèmes réticuloendothéliaux hépatique et splénique du 4e au 16e jour de l'infection. Les parasites visibles dans les vaisseaux jusqu'aux 4e et 5e jours ne sont décelables à aucun moment dans les organes internes.



Modifications de la fiche réticulo-endothéliale lors de la trypanosomiase expérimentale des rats. Chaque courbe est tracée sur un mélange de sérums de quatre rats au moins.

Les modifications de la fiche réticuloendothéliale se déroulent dans un ordre chronologique remarquablement défini. Le 4e jour de l'infection la fiche est pratiquement normale, parfois cependant, elle peut être très faiblement déplacée vers la région acide (*fig.* 1 *b*), puis, brusquement, le 8e jour le taux des euglobulines double, en général, en même temps que la fiche réticuloendothéliale réduite proportionnellement à la hauteur du standard, accuse une translation plus ou moins importante vers la région alcaline (*fig.* 1 *a*, 1 *b*). Presque toujours, très rapidement, la fiche

redevient normale et le 16e jour de l'infection ses modifications sont à peine perceptibles.

L'électrophorèse libre, pratiquée sur les sérums d'une seule série de rats seulement, confirme intégralement les résultats obtenus par la fiche réticuloendothéliale. Le 4e jour de l'infection on observe une légère augmentation du rapport : α-globulines/globulines totales, alors que celui de l'albumine sur les globulines reste encore relativement normal. Le 8e jour le rapport γ-globulines/globulines totales, est considérablement augmenté, surtout aux dépens de celui des β-globulines sur les globulines totales et, simultanément, le rapport albumine/globulines s'effondre. Le 20e jour, enfin, tout rentre en ordre, peut-être même le taux des γ-globulines subit-il une diminution (*voir* tableau).

Composition électrophorétique des sérums de rats atteints de trypanosomiase expérimenale.

	$\frac{\gamma\text{-globuline}}{\text{globulines}}$.	$\frac{\beta\text{-globuline}}{\text{globulines}}$.	$\frac{\alpha\text{-globuline}}{\text{globulines}}$.	$\frac{\text{albumine}}{\text{globulines}}$.
Rats normaux	0,28	0,47	0,24	0,89
Rats infectés :				
4e jour	0,22	0,47	0,31	0,75
8e »	0,38	0,35	0,26	0,59
20e »	0,14	0,52	0,34	1,06

Le fait dominant est une décharge brusque de γ-globulines entre le 4e et le 8e jour après l'infection, la normalisation des humeurs tendant à être tout aussi brutale. Lors de la maladie sérique expérimentale du Lapin un processus comparable avait été observé par nous ([7]), il semble donc découler de quelque règle de physiopathologie générale.

Nous avons pu établir, alors, un parallèle entre la mobilisation monocytaire et la décharge des γ-globulines. Mais dans le cas présent, une telle corrélation ne semble pas exister. Pourtant, nous pouvons admettre que même ici la sécrétion des γ-globulines exprime un état d'hyperactivité du système réticuloendothélial. En effet, elle fait suite à la stérilisation des humeurs, donc à la destruction des parasites. Certes, nous n'avons pas observé d'images de phagocytose, donc nous ne pouvons pas affirmer que cette destruction en soit la conséquence. Pourtant même si la lyse fut intra-humorale, il faut admettre que les éléments antigéniques libérés ont été captés par les macrophages du réticuloendothélium réalisant un stimulus adéquat sur ces cellules.

Chaque point est établi sur un mélange de sérums de quatre rats au moins. Durée d'électrophorèse : environ 3 h. Tampon véronal-véronal sodé de force ionique égale à 0,1 et de pH 8,6. Les surfaces sont évaluées par la

méthode des gaussiennes symétriques. Nous avons admis que toute fraction dont la mobilité électrophorétique est inférieure à -2.10^{-5} cm²/V.s est une γ-globuline, que la mobilité électrophorétique des β-globulines est située entre -2 et -4.10^{-5} cm²/V.s et celle des α-globulines est plus élevée que -4.10^{-5} cm²/V.s.

(*) Séance du 1er octobre 1956.

(1) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 45, 1952, p. 518.

(2) *Experimental Parasitology*, 5, 1956, p. 1.

(3) *Soc. Path. Exot.*, séance de juillet 1956 (sous presse).

(4) H. Fromentin, *Bull. Soc. Path. Exot.*, 48, 1955, p. 651; 49, 1956, p. 272.

(5) *Med. Journal Osaka Univ.*, 3, 1952, p. 81.

(6) *Trypanosomes et trypanosomiases*, Masson, Paris, 1912.

(7) M. Gleye, G. Sandor, et J. Levaditi, *Ann. Institut Pasteur*, 89, 1955, p. 299.

La séance est levée à 15 h 30 m.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur LÉON BÉRARD,
par M. **LOUIS BAZY**.

Au début de cette année, j'avais le triste privilège de rendre hommage en votre nom à la mémoire de notre regretté confrère René Leriche. Aujourd'hui, j'ai le devoir d'évoquer devant vous la vie et les travaux d'un autre représentant de l'école lyonnaise, élève comme Leriche du Professeur Poncet, qui a, lui aussi, bien servi dans tous les domaines, le prestige de notre Pays.

M. **LÉON BÉRARD**, correspondant de notre Académie pour la Section de Médecine et de Chirurgie depuis le 1er avril 1946, était né à Morez, dans le Jura, le 17 février 1870. Il appartenait à une famille éprise de ces humanités dont la culture semble toujours aussi nécessaire aux hommes de sciences, singulièrement à ceux qui, par vocation, se destinent à la chirurgie, science qui requiert au plus haut point des qualités humaines. Son frère Victor, helléniste de grande réputation, consacra une partie de son œuvre à suivre Ulysse dans ses pérégrinations et on le vit servir de guide, sur le terrain même, à ceux que passionnaient les récits d'Homère.

Nanti de ces fortes traditions familiales, Léon Bérard parcourut avec éclat toutes les étapes qui mènent à une brillante carrière. Docteur en Médecine de la Faculté de Médecine de Lyon où il fit toutes ses études, il devint successivement chef de clinique en 1897, agrégé de chirurgie en 1898, chirurgien des hôpitaux en 1901, enfin professeur de clinique chirurgicale en 1914 à la veille de la guerre. Il prenait possession de cette chaire n'ayant que 44 ans, à l'âge où tous les espoirs sont permis, car on dispose d'un temps suffisamment long pour pouvoir les réaliser. De fait, Léon Bérard ne déçut aucun de ceux qui avaient mis leur confiance dans sa jeune maîtrise. Jusqu'à sa retraite universitaire en 1940, il ne cessa de

travailler, de former des élèves, de jouer son rôle d'éducateur, non seulement auprès des médecins mais encore auprès du grand public, bref d'accomplir une œuvre considérable que vous avez voulu récompenser en l'appelant parmi vous.

C'est bien souvent dans les travaux de la prime jeunesse qu'on peut surprendre à l'état naissant les qualités qui, plus tard, caractériseront l'homme fait. J'en veux pour preuve le premier travail qu'écrivit M. Bérard alors qu'il n'avait pas encore passé sa thèse et n'était en 1895 qu'interne des hôpitaux de Lyon. A cette époque, la théorie parasitaire du cancer était à l'étude et M. Bérard, montrant déjà l'attirance qu'il avait pour tout ce qui touche au problème du cancer, se passionna pour elle. Les partisans du parasitisme pensant que l'agent infectieux du cancer devait appartenir au groupe si curieux des coccidies, M. Léon Bérard entreprit avec Félix Le Dantec de rassembler tous les documents relatifs à leur histoire, de manière, disait-il « à permettre aux médecins de prendre parti pour ou contre la théorie parasitaire du cancer en connaissance de cause ».

A coup sûr, dans l'œuvre de M. Léon Bérard, ce petit volume, semblera bien mince et lui-même eût été surpris peut-être de la place que j'ai voulu lui faire. Si j'ai mentionné toutefois ce livre de début, c'est d'abord qu'il fut le premier d'une imposante série, c'est aussi, et surtout, qu'il me semble bien révélateur de ces qualités dont M. Bérard devait, sa vie durant, nous fournir tant de preuves : l'esprit de curiosité; le souci de ne rien avancer qui ne reposât sur des documents exacts et aussi précis que possible. Telles furent, en effet, les notes dominantes que nous relevons tout au long d'une carrière scientifique particulièrement féconde.

On les retrouve dans le premier grand Ouvrage que Léon Bérard publia en 1898 avec son maître Poncet. Il avait trait à l'actinomycose. Bien que son existence eût été signalée pour la première fois en France par Lebert dès 1848, l'actinomycose était considérée dans notre pays comme une maladie d'exception. M. Poncet cependant, aidé de Léon Bérard, persuadé que l'actinomycose existait en France au même titre que dans l'Europe Centrale, se mit à la rechercher systématiquement chez tous les malades porteurs de lésions inflammatoires chroniques ou de néoplasmes ne rentrant pas dans les cadres des descriptions classiques. Poncet et Bérard la trouvèrent effectivement comme ils l'avaient supposé et purent accumuler les documents qui leur permirent de donner une description complète du parasite de l'actinomycose et des lésions qu'il provoque dans tous les tissus de l'organisme. Abordant enfin le chapitre thérapeutique, ils montrèrent qu'il ne fallait pas compter sur la prétendue valeur spécifique de l'iodure de potassium qui ne présentait d'efficacité réelle que comme complément du traitement chirurgical presque toujours indispensable.

Avant la considérable diffusion de la chirurgie, diffusion qui s'est surtout

accélérée depuis une trentaine d'années, Lyon était le grand centre chirurgical de la région des Alpes. Aussi y observait-on avec prédilection — tout comme en Suisse d'ailleurs et pour les mêmes raisons — de nombreuses affections du corps thyroïde qui constituaient une véritable chirurgie régionale. Aussi n'est-il pas étonnant qu'une part très importante des travaux de Léon Bérard y ait été consacrée. Sa thèse d'abord qu'il soutint en 1896 sur *La Thérapeutique chirurgicale du goitre* et qu'il fit suivre, pendant près de 40 ans, d'innombrables publications, parmi lesquelles on peut citer les traités consacrés au cancer du corps thyroïde et au traitement chirurgical de l'hyperthyroïdisme, sans compter la description complète des affections du corps thyroïde dans le *Traité de Chirurgie* de Le Dentu et Delbet. Ainsi la pathologie du corps thyroïde fut-elle abordée par Léon Bérard sous tous ses aspects. Il s'efforça même — tâche ardue — d'en éclaircir la pathogénie, ce qui le conduisit une fois de plus dans les laboratoires où il entreprit des recherches expérimentales sur l'origine tellurique chimique ou microbienne du goitre.

Mais Léon Bérard n'était pas homme à se cantonner sur un seul sujet, si passionnant qu'il le trouvât. L'exercice de la chirurgie offre chaque jour au chercheur trop d'énigmes pour qu'il ne se laisse pas tenter par l'attrait de leur découvrir une solution. D'autres circonstances le poussèrent encore à élargir le champ de son action. Léon Bérard avait épousé la fille de M. Mangini qui, ému des ravages sans cesse grandissants de la tuberculose, fonda de ses deniers un des premiers sanatoriums construits en France, le sanatorium Félix Mangini à Hauteville, dont la direction fut confiée au Docteur Dumarest, grand ami de Léon Bérard. C'est ainsi que celui-ci fut un des premiers chirurgiens à s'intéresser au traitement opératoire de la tuberculose pulmonaire. Dès 1913 il pouvait résumer son expérience dans une série de publications écrites pour la plupart en collaboration avec Dumarest et qui toutes ont trait au traitement chirurgical de la tuberculose pulmonaire. Certes, en pareille matière, les premiers essais furent modestes et l'on est loin aujourd'hui des interventions encore timides mais progressivement mieux assurées, par lesquelles Léon Bérard débuta dans la carrière de chirurgien de la tuberculose pulmonaire. Mais elles annonçaient déjà les merveilleuses opérations d'aujourd'hui qui, combinées avec les traitements antibiotiques, permettent de parler maintenant de guérisons radicales de la tuberculose pulmonaire.

Si l'amitié de Dumarest entraîna Léon Bérard dans le domaine de la tuberculose, ce fut celle qu'il avait nouée à Lyon avec M. Justin Godart qui le détermina dès 1917 à s'occuper du cancer, trop fréquemment observé hélas ! chez les mobilisés de la première guerre mondiale. Il revenait ainsi aux premières préoccupations de sa jeunesse et à partir de ce moment il ne les abandonna plus. Il continua néanmoins à s'intéresser encore aux

problèmes de chirurgie générale et on en trouve le témoignage dans les publications qu'il consacre soit seul, soit avec son élève Mallet-Guy aux affections chirurgicales du pancréas et des voies biliaires. Mais on peut dire qu'à partir du moment où il assuma en 1923 la charge de directeur du centre anti-cancéreux de Lyon, c'est à cette tâche si prenante mais combien émouvante, qu'il consacra le meilleur de son activité. En 1935, avec l'appui de M. Édouard Herriot, il installa dans l'un des pavillons de l'hôpital de Grange-Blanche un centre anti-cancéreux moderne. J'ai appris que bientôt serait inauguré un nouvel établissement qui portera à juste titre le nom de « Centre Professeur Léon Bérard ».

Si l'on possède une âme tant soit peu sensible aux misères humaines, il est impossible pour un chirurgien de s'occuper de deux affections comme la tuberculose et le cancer sans percevoir la nécessité de ne pas considérer seulement la maladie mais encore ses répercussions sur le plan de la Société. Comme d'autres, M. Bérard comprit qu'il se devait d'user de la grande autorité qu'il avait acquise pour jouer un rôle éducatif tendant à informer le public et à lui faire comprendre l'intérêt des diagnostics précoces, seuls capables, dans des affections aussi redoutables que le cancer ou la tuberculose d'aboutir à des traitements efficaces. Il s'attacha aussi dans deux maladies qui exigent souvent des soins prolongés, à maintenir ses patients dans une atmosphère aussi proche que possible de celle de leur existence habituelle, stimulant de la sorte leur état moral et leur permettant ainsi de reprendre très vite à l'issue de leur traitement leur place dans la vie.

Tant de travaux, tant de dévouement à la chose publique, tant de bienfaits répandus, devaient valoir à Léon Bérard les plus grands honneurs. Il était Membre non résidant des Académies de Médecine et de Chirurgie en même temps que Correspondant de l'Académie des Sciences. En 1925, il fut unanimement appelé à présider le Congrès français de Chirurgie et son audience s'étendait dans de nombreux pays étrangers où il avait aimé voyager, le plus souvent en compagnie de M. Hartmann.

On voudrait n'avoir à regarder que ce côté brillant de la vie et de la carrière de M. Léon Bérard. Hélas ! son cœur de père connut des tristesses infinies. Père d'une nombreuses famille, il vit tour à tour quatre de ses fils le précéder dans la tombe. La disparition du dernier lui fut particulièrement cruelle. Marcel Bérard n'était pas seulement le fils de sa chair mais, plus encore, le fils de son esprit. Agrégé, chirurgien des hôpitaux de Lyon, doué des plus belles qualités d'opérateur et d'enseigneur, il s'était engagé, suivant les traces de son père, dans la chirurgie thoracique et, très vite, il y avait conquis une place éminente qui dépassait le plan national pour s'étendre jusque sur le plan mondial. Son père avait tout lieu d'être fier de lui. En janvier dernier, âgé de 48 ans, il se tua en automobile en se rendant par la route à un sanatorium où il avait coutume d'opérer. Malgré

l'extraordinaire énergie qu'on lui connaissait et qui l'avait conduit jusque dans sa 87e année sans paraître ressentir ni l'atteinte ni le poids des ans, M. Léon Bérard fut gravement éprouvé dans sa résistance physique et morale. Le dimanche 2 septembre au matin, il s'éteignit à Lyon entouré de toute sa famille. A ses obsèques qui eurent lieu le 4 septembre, se pressait une foule d'amis, d'élèves et d'obligés venus rendre un dernier hommage à celui qui fut un admirable chef d'école, un grand chirurgien et, pour tout dire, un homme de bien. L'Académie des Sciences s'associe de tout cœur au deuil de tous ceux qui le pleurent et les prie d'accepter l'expression de sa profonde sympathie.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Analyse thermoélastique des transformations du titane.* Note (*) de MM. **Albert Portevin** et **Robert Cabarat**.

Au moyen de l'appareillage précédemment décrit (1) qui permet de déterminer le module d'élasticité dynamique et la capacité d'amortissement des solides, en fonction de la température, nous avons étudié les transformations à l'état solide du titane à 99,9 % de densité 4,49 à 20° C.

La forme allotropique du titane à la température de 20° C est hexagonale, solution α. Konigsberger et Schilling (2) ont trouvé que la résistance électrique varie avec la température et indiquent l'existence de trois formes allotropiques du titane, qu'ils nomment α, β, γ, et dont les points de transition sont :

a. $\alpha \rightleftarrows \beta$ à + 275° C;

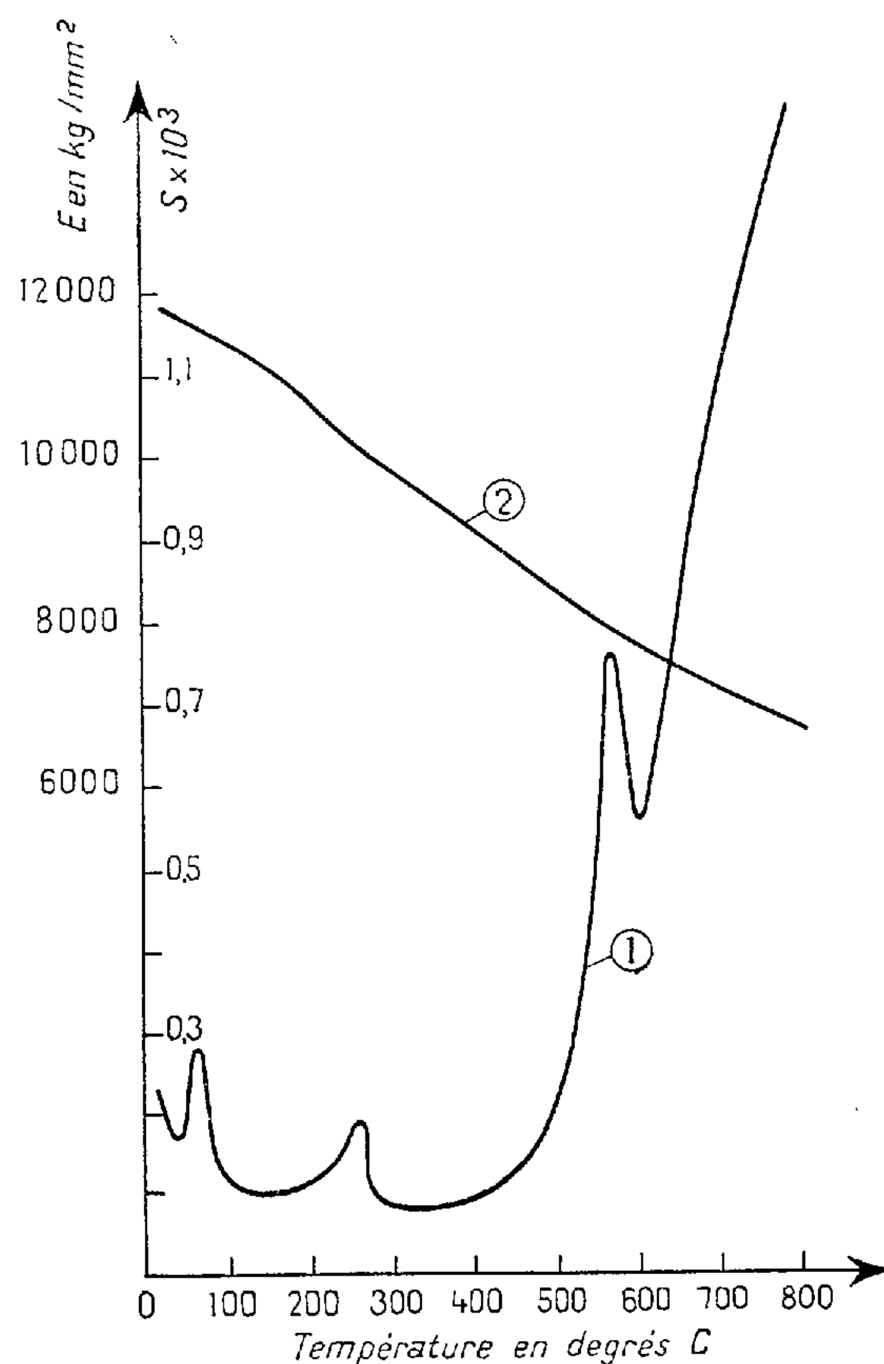
b. $\beta \rightleftarrows \gamma$ à + 560° C.

Le but de cette étude a été de savoir si des mesures précises du module d'élasticité et de la capacité d'amortissement étaient susceptibles de mettre en évidence ces points de transformation.

Dans notre dispositif de mesure, l'éprouvette, fixée en son milieu, vibre longitudinalement en demi-onde, sans perte d'énergie appréciable aux points de fixation. La capacité d'amortissement est caractérisée par la valeur du décrément logarithmique des vibrations longitudinales. Pour éviter toutes pertes acoustiques aux extrémités, l'éprouvette vibre dans une enceinte dont le vide est de l'ordre de 0,2 mm de mercure.

Les résultats obtenus (courbe 1) confirment ceux obtenus par les méthodes électriques. Les valeurs du décrément δ passent par un maximum pour les températures de 275 et 560°. On constate en plus un maximum pour la température de 75° C.

Au-delà de 600° le décrément logarithmique semble à nouveau croître rapidement ce qui laisse prévoir une autre transformation qui peut être celle signalée par ailleurs à la température de 882° C environ. Notre appareillage ne nous a pas permis des mesures à des températures aussi élevées.



Entre 20 et 650° le module d'élasticité E (courbe 2) diminue de 11900 à 6 000 kg/mm² environ suivant une loi linéaire et on constate que seule la capacité d'amortissement indique nettement les points de transformation.

En dehors des travaux de Konigsberger et Schilling, la transformation β, (cubique) à 882° C étant la seule indiquée par différents auteurs, cette étude sera complétée sur des titanes purifiés et alliés en vue de se rendre compte de l'influence éventuelle d'oligoéléments notamment l'hydrogène et l'azote.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) R. Cabarat, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 229.

(2) D'après P. Pascal, *Traité de Chimie générale*, p. 526.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre des voiles minces hyperstatiques* (*Le cas des voiles de surface minimum*). Note (*) de M. **Gustavo Colonnetti.**

Reprenons en considération le cas des voiles de surface minimum dont nous avons parlé dans une Note précédente ([1]), et qui sont caractérisées par la condition

$$\frac{1}{\mathcal{R}_x}+\frac{1}{\mathcal{R}_y}=0.$$

Il est évident que, dans ce cas, les courbures normales seront définies par une seule fonction

$$\frac{1}{\mathcal{R}}=\frac{1}{\mathcal{R}_x}=-\frac{1}{\mathcal{R}_y}$$

des coordonnées s_x et s_y.

Quant aux équations indéfinies de l'équilibre, elles pourront s'écrire

$$\frac{\partial\mathcal{N}_x}{\partial s_x}+\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y}+\frac{\mathcal{N}_x-\mathcal{N}_y}{r_y}-\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x}=\mathrm{X},$$

$$\frac{\partial\mathcal{N}_y}{\partial s_y}+\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x}+\frac{\mathcal{N}_x-\mathcal{N}_y}{r_x}+\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y}=\mathrm{Y},$$

$$\mathcal{N}_x-\mathcal{N}_y=\mathrm{Z}\mathcal{R}$$

La voie à suivre pour intégrer des équations de ce genre a été donnée par M. E. Storchi ([2]).

Selon ses suggestions, dès qu'on aura utilisé la dernière de ces trois équations pour éliminer une des inconnues (par exemple $\mathcal{N}_x$) dans les deux premières équations, celles-ci se réduiront à la forme

$$(1)\qquad\left\{\begin{aligned}\frac{\partial\mathcal{N}_y}{\partial s_x}&=\varphi(s_x,s_y)+\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x}-\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y},\\ \frac{\partial\mathcal{N}_y}{\partial s_y}&=\psi(s_x,s_y)-\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y}-\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x};\end{aligned}\right.$$

$\varphi(s_x, s_y)$ et $\psi(s_x, s_y)$ étant des fonctions connues, c'est-à-dire qui dépendent seulement des éléments géométriques de la surface et des forces qui lui sont appliquées.

On en déduit immédiatement que

$$\frac{\partial^2\mathcal{N}_y}{\partial s_x\partial s_y}=\frac{\partial}{\partial s_y}\left[\varphi(s_x,s_y)+\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x}-\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y}\right]=\frac{\partial}{\partial s_x}\left[\psi(s_x,s_y)-\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y}-\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x}\right]$$

d'où l'équation

$$\boxed{\frac{\partial^2\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x^2}-\frac{\partial^2\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y^2}+\frac{\partial}{\partial s_x}\left(\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y}\right)+\frac{\partial}{\partial s_y}\left(\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x}\right)=\mathrm{F}(s_x,s_y)}$$

dans laquelle le second membre

$$F(s_x, s_y) = \frac{\partial}{\partial s_x}\left(Y - \frac{Z\mathcal{R}}{r_x}\right) - \frac{\partial}{\partial s_y}\left(X - \frac{Z\mathcal{R}}{r_y} - \frac{\partial}{\partial s_x}(Z\mathcal{R})\right)$$

est, lui aussi, une fonction connue.

Cette équation est notoirement intégrable; après quoi la connaissance de $\mathcal{N}_x$ et $\mathcal{N}_y$ dépend seulement de l'intégration (qui est immédiate) d'une des équations (I).

Dans chaque cas particulier resteront naturellement à déterminer les fonctions arbitraires que l'intégration aura introduites.

Et c'est à ce point que je propose, encore une fois, de recourir à ce théorème général de l'équilibre des corps déformables qui nous offre la possibilité de tenir compte de l'influence que, sur les valeurs des inconnues hyperstatiques, peuvent avoir les déformations non élastiques, imposées d'avance par précontrainte, ou bien introduites ensuite, à l'occasion du retrait et des déformations thermiques ou plastiques des matériaux.

L'équation suivant laquelle se traduit ce théorème ([3])

$$\int_S [(\varepsilon_x + \bar{\varepsilon}_x) + (\varepsilon_y + \bar{\varepsilon}_y)]\, e\, dS = 0$$

peut évidemment s'écrire aussi sous la forme

$$\int_S \left[\frac{m-1}{mE}(\mathcal{N}_x + \mathcal{N}_y) + (\bar{\varepsilon}_x + \bar{\varepsilon}_y)\, e\right] dS = 0,$$

m étant le coefficient de Poisson, et E le module d'élasticité normale du matériau.

A l'aide de cette équation on pourra toujours arriver à définir, parmi tous les systèmes de tensions qui satisfont aux équations indéfinies d'équilibre, celui qui se réalise effectivement en présence d'un système donné, et d'ailleurs tout à fait arbitraire, de déformations non élastiques.

Dans l'hypothèse de l'homogénéité (m et E constantes) et en absence de déformations non élastiques ($\bar{\varepsilon}_x = \bar{\varepsilon}_y = 0$), la solution du problème sera déterminée par l'équation

$$\int_S (\mathcal{N}_x + \mathcal{N}_y)\, dS = 0,$$

qui est caractéristique du voile en régime de parfaite élasticité.

On peut le constater immédiatement si l'on se limite au cas le plus simple et le plus banal : celui de l'état d'équilibre naturel qui s'établit spontanément en absence de toute force extérieure.

Parmi la simple infinité de solutions caractérisées par

$$\mathcal{N}_x = \mathcal{N}_y = \text{const.}$$

dont nous avons parlé dans la Note précédente ([3]), l'équation que nous venons d'écrire nous apprend que la seule solution effectivement réalisable dans ce cas est

$$\mathcal{M}_x = \mathcal{M}_y = 0,$$

qui traduit l'absence de tout état de coaction.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

([1]) G. COLONNETTI, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 761.

([2]) *Rendiconti Acc. Naz. Lincei*, 7, 1949, p. 227; 8, 1950, p. 116 et 326.

([3]) G. COLONNETTI, *loc. cit.*, p. 763.

M. **PIERRE TARDI** rend compte à l'Académie d'une importante série d'expériences géophysiques qui ont eu lieu du 24 août au 6 septembre dans les Alpes françaises en vue d'étudier, par l'enregistrement des ondes séismiques provoquées par de grandes explosions, la structure profonde du massif alpin.

Ces expériences ont été organisées par le Comité National français de Géodésie et Géophysique (Section de Séismologie). Elles s'inscrivent dans un programme d'ensemble arrêté par des accords internationaux et intéressant l'ensemble du continent européen.

Des équipes allemandes et italiennes ont participé aux expériences françaises de 1956 (Instituts de Géophysique appliquée de Hanovre, de Münich, de Hambourg, Observatoire géophysique de Trieste).

Ces expériences ont comporté le tir de charges de 1 à 10 t d'explosif immergées sous 10 m d'eau au fond du Lac des Rochilles, dans le Briançonnais, par 2 500 m d'altitude. Elles ont été effectuées sans aucun incident. Les enregistrements obtenus ont été nombreux et de bonne qualité. Leur dépouillement et surtout leur exploitation s'avèrent dès à présent délicats du fait du grand nombre d'ondes réfléchies qui ont été enregistrées par les différents postes suivant trois grands profils respectivement vers l'Ouest, vers le Sud et vers l'Est (Italie). Une Communication ultérieure rendra compte des principaux résultats obtenus.

Ces expériences n'ont pu être menées à bien que grâce au concours prêté par différents Services ou Organismes français. Il faut citer en premier lieu les Services de la Défense Nationale (Comité d'Action scientifique de la Défense Nationale et Section Technique des Bâtiments, Fortifications et Travaux du Génie) qui ont assuré les explosions elles-mêmes et réglé les difficiles problèmes de transport et de liaison en montagne, avec emploi d'hélicoptères. Il faut citer également la collaboration de la Radiodiffusion Nationale (qui a organisé des émissions spéciales de signaux horaires), de l'Électricité de France et de l'Institut Géographique National.

Une importante subvention allouée par le Centre National de la Recherche Scientifique a permis l'organisation même des expériences — cependant qu'une subvention de la Direction générale des Relations culturelles permettait de faciliter la collaboration des équipes étrangères.

Le Comité National français, en accord avec les organismes internationaux correspondants, envisage d'organiser en 1957 une seconde série d'expériences analogues à celles qui viennent d'être effectuées. Le centre des explosions serait situé cette fois dans le Massif du Pelvoux, c'est-à-dire dans la partie granitique des Alpes. On estime que les renseignements que l'on pourra ainsi recueillir compléteront ceux de 1956 qui ont été obtenus à partir d'un centre situé dans le plissement briançonnais.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que le tome 239 (juillet-décembre 1954) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Henri Humbert** dépose sur le Bureau de l'Académie un nouveau fascicule de la *Flore de Madagascar et des Comores*, publiée sous sa direction. Ce fascicule comprend la famille des *Verbénacées* (274 pages et 42 planches de dessins) et celle des *Avicenniacées* (5 pages et 1 planche) élaborées par M. Harold N. Moldenke, directeur du Traisilde Museum, New Jersey (États-Unis).

M. **Alexandre Dauvillier** adresse en hommage à l'Académie son Ouvrage intitulé : *L'origine des Planètes*.

M. **Bertil Lindblad** adresse en hommage à l'Académie un Mémoire intitulé : *On a barred spiral structure in the Andromeda nebula*, with 2 plates and 4 figures in the text.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Roger Heim** :

Ministère de l'Agriculture. Direction générale des Eaux et Forêts. Service des Recherches piscicoles. *Annales de la Station centrale d'hydrobiologie appliquée*. Tome VI, 1956.

Encyclopédie biologique. XXVIII. *Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique occidentale*, par Jean Chevaugeon.

CORRESPONDANCE.

MM. **Roger Brard** et **Jean Vignal** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*.

M. **Marc Simonnet** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie biologique. LI. *Contribution à l'étude du développement des céréales*, par Maurice Stroun;

2° Douglas Mc Kie. *Priestley's laboratory and library and other of his effects. — An unpublished letter from Priestley to John Parker*;

3° *Beiträge zur indirekten Streckenmessung mit 2 m-Invarbasislatte und Sekundentheodolit*, von M. Kneissl;

4° UNESCO. *Manuel des échanges internationaux de publications;*

5° National nuclear energy series. Manhattan Project Technical Section. Division VIII. Vol. 8. *Medical effects of the atomic bomb in Japan*, edited by Ashley W. Oughterson and Shields Warren;

6° Institut français d'Outre-Mer, Marseille. *Congrès de la protection des végétaux et de leurs produits sous les climats chauds;*

7° Academia Republicii populare Romîne. *Lucrarile sesiunii stiintifice a sectiei de stiinte medicale a Academiei R. P. R. din* 22-24 *Ianuarie* 1954;

8° id. *Contributii experimentale la studiul imunitatii in malarie*, sub redactia Acad. M. Ciuca;

9° R. Floru, C. Giurgea, M. Saragea. *Problemele fundamentale ale activitatii nervoase superioare;*

10° Tiberiu Ghitescu. *Probleme de chirurgie experimentala;*

11° Petru P. Groza. *Studiu al secretiei gastrice prin ulcer experimental;*

12° A. Kreindler. *Nevroza astenica. Studii clinice fiziopatologice şi terapeutice. — Epilepsia. Cercetari clinice şi experimentale;*

13° N. Gh. Lupu şi C. Velican. *Pneumoconiozele-neprofesionale;*

14° I. Rosner. *Reflexe conditionate şi neconditionate dupa lezarea receptorilor cutanati şi viscerali;*

15° St. S. Nicolau. *Cancer și virusuri;*

16° M. Saragea și I. Foni. *Cercetari de fiziologie și fiziopatologie hepato-biliara;*

17° Stefan Stinca. *Medıul social ca factor patologic*, cu un studiu introductiv și adnotàri de Samuil Izsak.

18° C. Velican. *Reglarea nervoasa a glandei suprarenale.*

ALGÈBRE. — *Sur la théorie générale des produits réguliers.*

Note (*) de M. **Mihail Benado**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est de présenter certains résultats concernant l'application de la théorie synthétique ([1]) des produits réguliers ([2]), à la théorie des groupes.

1. Définitions et notations. — Quant à la notion de produit régulier de groupes, je renvoie le lecteur aux travaux de M. O. N. Golovine ([2]); voir aussi ([3]).

Soit $\mathcal{G}$ un groupe ayant Σ pour domaine d'opérateurs; je dirai, pour abréger, que $\mathcal{G}$ est un Σ-groupe; par Σ-sous groupe du Σ-groupe $\mathcal{G}$ j'endends un sous-groupe de $\mathcal{G}$, permis par Σ.

Cela posé, j'introduis les notions suivantes :

1.1. Je dirai que le Σ-sous groupe G du Σ-groupe $\mathcal{G}$ est un *diviseur normal de degré h de* $\mathcal{G}(h=1, 2, 3, \ldots)$ si l'on a

$$\mathcal{G}\,O^h G \leq G, \tag{1}$$

où l'on a posé

$$\begin{cases} \mathcal{G}\,O^n G = \mathcal{G}\,O(\mathcal{G}\,O^{n-1} G) \qquad (n=1, 2, 3, \ldots), \\ \mathcal{G}\,O^0 G = G \end{cases} \tag{2}$$

l'opération O n'étant autre que la commutation des sous groupes :

$$\begin{cases} AOB = [\{aOb\}], \qquad a\in A, \qquad b\in B. \\ a\,O\,b = a^{-1},\ b^{-1}ab \end{cases} \tag{3}$$

où $[\{\ \ \}]$ signifie le sous groupe engendré dans $\mathcal{G}$ par le complexe $\{\ \ \}$.

1.2. Je dirai que le Σ-groupe $\mathcal{G}$ est le *produit direct de degré h* de ses Σ-sous groupes $\{G_i,\ i\in I\}$ $(h=1, 2, 3, \ldots)$ *si* $\mathcal{G}$ est le produit régulier des G_i, $\in$ I et *si* chaque G_i, $i\in$ I est un diviseur normal de degré h du groupe total $\mathcal{G}$.

Si dans 1.1 et 1.2 ou fait $h=1$, on obtient les *notions classiques* de diviseur normal et de produit direct.

2. Principaux résultats. — 2.1. Théorème fondamental. *La propriété d'être diviseur normal de degré h* $(h=1, 2, 3, \ldots)$ *est une normalité unitaire au sens des M. M. V. Kořinek* ([4]) *et D. Barbilian* ([5]).

2.2 Théorème. — *Tout produit k-nilpotent* ([2]) $(k=0, 1, 2, \ldots)$ *est un produit direct de degré* $k+1$ *et tout produit direct de degré* $h(h=1, 2, 3, \ldots)$ *est*

isomorphe à un certain groupe-facteur « régulier » [au sens de M. Golovine (²)] *du produit* ($h-1$) *nilpotent des « mêmes » facteurs.*

2.3. THÉORÈME. — *Un produit régulier* (²) *est un produit direct de degré* h ($h=1, 2, 3, \ldots$) *si et seulement si le* $h^{\text{ième}}$ *commutant* (²) *de ses facteurs est égal à l'identité.*

2.4. THÉORÈME. — *Les produits directs de degré h de produits directs de degré h sont toujours des produits directs de degré h* ($h=1, 2, 3, \ldots$).

C'est la *loi d'associativité* des produits directs de degré h ($h=1, 2, 3, \ldots$).

2.5. THÉORÈME. — *Tout « sous produit » d'un produit direct de degré h est encore un produit direct de degré h* ($h=1, 2, 3, \ldots$).

Pour les produits k-nilpotents ($k>0$!) la propriété n'est plus valable (²).

2.6. THÉORÈME. — *Si le* Σ*-groupe* $\mathcal{G}$ *est le produit régulier de ses* Σ*-sous groupes* G *et* G* *et si* G *est un diviseur normal de degré h* ($h=1, 2, 3, \ldots$) *de* $\mathcal{G}$ *alors, il en est de même de* G* (*et* $\mathcal{G}$ *est alors le produit direct de degré h de ses* Σ *sous groupes* G *et* G*).

Pour $h=1$ ce théorème a été obtenu par M. Golovine (²).

2.7. THÉORÈME. — *Un groupe ne peut jamais être décomposable à la fois en produit libre et en produit direct de degré h* (*quel que soit* $h=1, 2, 3, \ldots$), *à moins qu'il ne se réduise à l'identité.*

Pour $h=1$ ce théorème a été démontré par MM. R. Baer et F. Levi (⁶).

Les démonstrations complètes des assertions de la présente Note, paraîtront ailleurs.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(¹) M. BENADO, *Über die allgemeine Theorie der regulären Produkte von Herrn O. N. Golowin*, II (à paraître dans les *Mathematische Nachrichten*).

(²) *Recueil Math. Moscou*, 27, 1950, p. 427-454 (en russe).

(³) M. BENADO, *Über die allgemeine Theorie der regulären Produkte von Herrn O. N. Golowin*, I (à paraître dans les *Mathematische Nachrichten*).

(⁴) V. KOŘÍNEK, *Der Schreiersche Satz und das Zassenhaussche Verfahren in Verbänden-Věstnik Kral. Česke Spol. Nauk, Třida mat.-přírod., Ročnik*, 1941, p. 1-29.

(⁵) D. BARBILIAN, *Études et Recherches mathématiques*, **4**, cahiers 1-2, 1953, p. 29-67 (en roumain).

(⁶) R. BAER et F. LEVI, *Compositio math.*, 3, 1936, p. 391-398.

ALGÈBRE. — *Sur la localisation des zéros des polynomes.*

Note (*) de M. **MAURICE PARODI**, présentée par M. Henri Villat.

Dans un travail antérieur (¹), dont nous utiliserons les notations, nous avons signalé une méthode permettant d'améliorer, dans certains cas, la localisation dans le plan complexe des valeurs caractéristiques des matrices. Ce procédé peut être utilisé pour définir le domaine des zéros d'un polynome $f(z)$ et en

déduire diverses propriétés de ce dernier, en formant la matrice dont les valeurs caractéristiques sont égales aux zéros du polynome $f(z)$.

Si l'on considère le polynome $f(z)$ de degré n,

$$f(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_{n-1} z + a_n,$$

les formules (3), (4) et (5) de la Note précitée conduisent aux résultats suivants :

a. Le domaine des zéros de $f(z)$ est formé par la réunion des circonférences d'équations

$$(1)\qquad \left\{ \begin{array}{l} |z| \leqq \max \dfrac{c_k}{c_{k-1}} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n), \\ |z + a_1| \leqq |a_n| \dfrac{c_1}{c_n} + \ldots + |a_2| \dfrac{c_{n-1}}{c_n}. \end{array} \right.$$

b. Ce domaine peut être également défini par les inégalités

$$(2)\qquad \left\{ \begin{array}{l} |z| \leqq \max \dfrac{c_k}{c_{k-1}} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n), \\ |z + a_1| \leqq \left[\displaystyle\sum_{k=2}^{n} |a_k|^p \right]^{\frac{1}{p}} \dfrac{1}{c_n} \left[\displaystyle\sum_{k=1}^{n-1} c_k^q \right]^{\frac{1}{q}}. \end{array} \right.$$

c. Le domaine des zéros de $f(z)$ est formé par la réunion des circonférences d'équations

$$(3)\qquad \left\{ \begin{array}{l} |z| \leqq \max \dfrac{c_k}{c_{k-1}} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n), \\ |z + a_1| \leqq \dfrac{A}{c_n} \displaystyle\sum_{k=1}^{n-1} c_k. \end{array} \right.$$

A représentant le *module maximum* des éléments $a_k (k = 2, 3, \ldots, n)$.

En utilisant les inégalités (3), nous allons établir la proposition suivante : *Étant donné le polynome $f(z)$, si*

$$(4)\qquad |a_1| > 1 + nA,$$

$$(5)\qquad A > \frac{1}{n-1},$$

alors $f(z)$ possède $(n-1)$ zéros dans le cercle-unité et un zéro et un seul dans le cercle de centre $-a_1$ et de rayon

$$\frac{1}{2}\left[|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA} \right]$$

ce rayon étant inférieur à l'unité.

Faisons, en effet, dans (3)

$$c_1 = c_2 = \ldots = c_{n-1} = c,$$

le domaine des zéros de $f(z)$ est alors défini par les inégalités

$$(3')\qquad \begin{cases} |z| \leqq \max\left(1, \dfrac{c_n}{c}\right), \\ |z+a_1| \leqq A\dfrac{(n-1)c}{c_n}. \end{cases}$$

Choisissons c/c_n tel que

$$\frac{A(n-1)c}{c_n} = \lambda < 1 \qquad (\lambda > 0);$$

il vient

$$\frac{c}{c_n} = \frac{\lambda}{A(n-1)}$$

et le domaine envisagé se trouve défini par les relations

$$(3'')\qquad \begin{cases} |z| \leqq \max\left(1, \dfrac{(n-1)A}{\lambda}\right), \\ |z+a_1| \leqq \lambda. \end{cases}$$

Supposons $(n-1)A/\lambda > 1$, le domaine précédent est caractérisé par les inégalités

$$(3''')\qquad \begin{cases} |z| \leqq \max \dfrac{(n-1)A}{\lambda}, \\ |z+a_1| \leqq \lambda. \end{cases}$$

Posons que l'on a

$$|a_1| - \lambda = \frac{nA}{\lambda} > \frac{(n-1)A}{\lambda},$$

ce qui exprime que les circonférences définies par (3''') n'ont aucun point commun, il vient l'équation en λ

$$\varphi(\lambda) = \lambda^2 - |a_1|\lambda + nA = 0.$$

Compte tenu de (4), il apparaît que cette équation a deux racines réelles positives séparées par l'unité; nous prendrons donc λ égal à la plus petite de ces racines, soit

$$\lambda = \frac{1}{2}\left[|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA}\right].$$

Avec ce choix de λ, on voit que $(n-1)A/\lambda$ est supérieur à l'unité si (5) est satisfaite. Dans cette hypothèse le domaine des zéros de $f(z)$ est formé par la réunion des deux circonférences disjointes :

$$(6)\qquad \begin{cases} |z| \leqq \dfrac{2(n-1)A}{|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA}} \qquad (>1), \\ |z+a_1| \leqq \dfrac{1}{2}\left[|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA}\right] \qquad (<1). \end{cases}$$

D'après un théorème de M. A. Brauer, il apparaît que la première contient $(n-1)$ zéros de $f(z)$ et la seconde un zéro et un seul. Comme (4) implique

$$|a_1| > 1 + \sum_{k=2}^{n} |a_k|$$

et que l'on sait que cette inégalité veut que $f(z)$ ait $(n-1)$ zéros dans le cercle-unité et un zéro dans le cercle de centre $-a_1$ et de rayon $\sum_{k=2}^{n} |a_k|$, on voit, en confrontant les deux domaines, la légitimité de la proposition énoncée.

(*) Séance du 8 octobre 1956.
([1]) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2617.

MÉCANIQUE. — *Sur une extension des principes variationnels de la Mécanique et sur l'existence d'autres principes analogues.* Note (*) de M. **Victor Vâlcovici**, présentée par M. Henri Villat.

On indique un principe intégral général valable pour des mouvements variés non synchrones et pour des liaisons d'une facture très générale. On en déduit les deux principes classiques (de moindre action et d'Hamilton) et une infinité d'autres qui conduisent aux équations du mouvement avec des liaisons non holonomes.
On obtient ainsi une classe très générale de liaisons non holonomes.

Soit A_i un système de n points matériels, $A_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ de masse m_i, ayant le vecteur de position $\bar{r}_i$ au moment t et soumis à l'action de la force proprement dite $\overline{F}_i$, fonction de $\bar{r}$, $\dot{\bar{r}}$, t, ainsi qu'à un nombre $m (< 3n)$ de liaisons non holonomes de forme générale ([1]).

On établit d'habitude le principe variationnel d'Hamilton en considérant seulement des mouvements variés synchrones. Récemment M. E. Storchi a montré ([2]) que dans le cas des forces conservatives le principe reste valable si l'on considère également certains mouvements non synchrones,

$$t' = t + \delta t, \tag{1}$$

sur des courbes variées,

$$\bar{r}'_1 = \bar{r}_i + \delta \bar{r}_i, \tag{2}$$

$\delta\bar{r}_i$ étant un déplacement virtuel du système, compatible avec les liaisons.

On peut aisément étendre cette propriété à des formes générales du principe en déduisant de l'équation de d'Alembert-Lagrange (principe du travail virtuel) un principe général intégral :

$$\Omega \equiv \int_{t_0}^{t_1} \left(\delta \mathcal{L} + \delta' \mathrm{T} + 2 \mathrm{T} \frac{d}{dt} \delta t \right) dt = 0; \tag{3}$$

nous avons désigné par $\delta\mathcal{L}$ le travail virtuel des forces,

$$\delta\mathcal{L}=\sum_{i=1}^{n}\overline{F}_i\,\delta_i\overline{r},$$

par T l'énergie du système et par $\delta' T$ sa variation quand on passe du mouvement réel au mouvement non synchrone considéré. On en déduit le principe de moindre action sous la forme suivante :

$$(4)\qquad \delta' A=0,\qquad A=\int_{t_0}^{t_1}2T\,dt,$$

si δt satisfait la condition

$$(5)\qquad \int_{t_0}^{t_1}\delta\mathcal{L}\,dt=\int_{t_0}^{t_1}\delta' T\,dt.$$

Dans le cas spécial des forces quasiconservatives (potentiel U dépendant explicitement de la position des points et de δt), le principe général intégral (3) nous conduira au principe variationnel suivant :

$$(6)\qquad \delta'\int_{t_0}^{t_1}E(\alpha_1,\,\alpha_2)\,dt,\qquad E(\alpha_1,\,\alpha_2)=\alpha_1 T+\alpha_2 U,$$

α_1 et α_2 étant deux paramètres arbitraires, avec la condition pour δt :

$$(7)\qquad \int_{t_0}^{t_1}\left(\delta' L+2T\frac{d}{dt}\delta t-\frac{\partial U}{\partial t}\delta t\right)dt=0,\qquad L=T+U.$$

De cette façon on aura détecté une infinité de principes variationnels. L'expression $E(\alpha_1,\,\alpha_2)$ peut être interprétée comme une sorte d'énergie cinéto-potentielle « du genre $(\alpha_1,\,\alpha_2)$ » qui comprend comme cas particulier les grandeurs physiques : T, U, L$(=T+U)$ et E$(=T-U)$.

Si l'on prend $\alpha_1=\alpha_2=1$ on obtient de (6) une forme généralisée du principe d'Hamilton comme principe variationnel par rapport à des mouvements variés synchrones. D'autres formes remarquables à savoir

$$\delta'\int U\,dt=0\qquad\text{et}\qquad \delta'\int (T-U)\,dt=0$$

seront obtenus de (6) en prenant

$$\alpha_1=0,\quad \alpha_2=1\qquad\text{et}\qquad \alpha_1=1,\quad \alpha_2=-1$$

respectivement, la relation de condition pour δt étant la même dans tous les cas, à savoir la relation (7).

La méthode exposée ci-dessus est susceptible de fournir aussi d'autres principes variationnels se rapportant a des cas plus généraux.

Tous ces principes sont valables pour des systèmes soumis à des liaisons non

holonomes de forme très générale, telles que nous les avons formulées dans notre Note précédente [3].

On voit ainsi que les deux principes variationnels classiques (de moindre action et d'Hamilton) seront en quelque sorte déplacés par les nouveaux, de leur position d'exclusivité dont ils avaient joui jusqu'à présent.

Le développement de cette Note paraîtra ailleurs.

(*) Séance du 8 octobre 1956.
(1) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1012.
(2) R. Lincei, **10**, 1955, p. 161-165.
(3) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1012.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Nouvelle représentation du fluide à spin relativiste.* Note (*) de M. **François Halbwachs**, présentée par M. Louis de Broglie.

On introduit dans la représention de Weyssenhoff un quadrivecteur spin σ_μ et une « impulsion d'espace propre » p^μ orthogonale au courant. Ceux-ci forment, avec la vitesse d'univers u^μ et l'accélération $\dot{u}^\mu$, un système de quatre vecteurs orthogonaux généralisant les axes de Frenet.

Dans une Note précédente [1] nous avons proposé de représenter la rotation interne d'un fluide de Weyssenhoff [2] par un quadrivecteur spin σ_μ défini à partir du tenseur $s^{\alpha\beta}$ par la relation covariante $\sigma_\mu = (i/c)\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}s^{\alpha\beta}u^\nu$. Nous avons montré que ce vecteur est orthogonal au courant ($\sigma_\mu u^\mu = 0$), orthogonal à l'accélération ($\sigma_\mu \dot{u}^\mu = 0$), et reste invariable le long d'une ligne de courant ($\dot{\sigma}_\mu = 0$).

D'autre part, le fluide de Weyssenhoff se caractérisant par une impulsion g^μ non colinéaire au courant, il est naturel de décomposer cette impulsion en un vecteur colinéaire et un vecteur orthogonal au courant en posant $g^\mu = ku^\mu - p^\mu$ avec $p^\mu u_\mu = 0$. p^μ, qui est dans l'espace propre, caractérise le mouvement tourbillonnaire, abstraction faite du courant qui entraîne chaque élément du fluide. Nous l'appellerons « impulsion d'espace propre ». On voit que le coefficient k est la densité de masse propre μ_0 qui se conserve le long d'une ligne de courant ($\dot{\mu}_0 = 0$) car on a d'après Weyssenhoff.

$$c^2\mu_0 = -g^\mu u_\mu = -(ku^\mu u_\mu - p^\mu u_\mu) = k.$$

D'où

$$g^\mu = \mu_0 u^\mu - p^\mu \qquad (p^\mu u_\mu = 0).$$

Introduisons les deux vecteurs p^μ et σ^μ à la place de g^μ et $s^{\mu\nu}$ dans les équations de Weyssenhoff. L'équation $\dot{g}^\mu = 0$ fournit $\dot{p}^\mu = \mu_0 \dot{u}^\mu$. On voit combien étroitement le mouvement tourbillonnaire est lié au courant lui-même. D'autre part l'équation $\dot{s}^{\mu\nu} = g^\mu u^\nu - g^\nu u^\mu$ donne $\dot{s}^{\mu\nu} = -p^\mu u^\nu + p^\nu u^\mu$. Si on introduit le

spin

(1) $$s^{\mu\nu} = \frac{i}{c}\,\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}\,\dot{u}_\alpha \sigma_\beta.$$

D'où

$$p^\nu u^\mu - p^\mu u^\nu = \frac{i}{c}\,\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}\,\dot{u}_\alpha \sigma_\beta.$$

Multiplions par u_ν,

$$p^\mu = \frac{i}{c^3}\,\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}\,u_\nu \dot{u}_\alpha \sigma_\beta.$$

Et les équations de Weyssenhoff deviennent :

$$\boxed{\begin{array}{ccc} \dot{\mu}_0 = 0, & \dot{p}^\mu = \mu_0 \dot{u}^\mu, & \dot{\sigma}^\mu = 0\,; \\ \sigma^\nu u_\nu = 0, & \sigma^\nu \dot{u}_\nu = 0, & u^\nu \dot{u}_\nu = 0\,; \\ \multicolumn{3}{c}{p^\mu = \dfrac{i}{c^3}\,\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}\,u_\nu \dot{u}_\alpha \sigma_\beta.} \end{array}}$$

Les quatre dernières relations font apparaître quatre vecteurs d'univers orthogonaux $u^\nu\, \dot{u}^\nu\, \sigma^\nu$ et p^ν qui forment un système de Frenet généralisé. Dans l'espace propre les trois derniers définissent trois axes rectangulaires, et on a, en les rapportant aux axes propres.

$$(p^k)_0 = \frac{i}{c^3}\,\varepsilon^{k4lj}\,ic\,\dot{v}_l \sigma_j = \frac{1}{c^2}\,\varepsilon^{klj}\,\dot{v}_l \sigma_j.$$

L'impulsion d'espace propre est le produit vectoriel de l'accélération par le spin, ou plutôt des vecteurs $\dot{\mathbf{v}}_0/c$ et $\boldsymbol{\sigma}_0/c$,

(1) $$c^2 \mathbf{p}_0 = \dot{\mathbf{v}}_0 \times \boldsymbol{\sigma}_0.$$

On sait que Weyssenhoff (²) a intégré le mouvement en le rapportant à un « système d'inertie » dont les axes d'espace sont orthogonaux à l'impulsion g^μ, la particule possédant dans ce système une vitesse v^k.

Les composantes de la vitesse d'univers sont alors

$$u^k = \alpha v^k, \qquad u^4 = \alpha ic \qquad \left(\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}\right)$$

et leurs dérivées le long d'une ligne d'univers :

$$\dot{u}^k = \alpha^2 \dot{v}^k, \qquad \dot{u}^4 = 0$$

Dans ce système on a en particulier :

$$s^{ij} = 0, \qquad s^{4j} = i\mathrm{M}cu^j \qquad \left(\mathrm{M}^2 = -\frac{g^\mu g_\mu}{c^2} = \frac{\mu_0^2}{\alpha^2}\right)$$

ou encore

$$s^{4j} = i\mu_0 c v^j.$$

Projetons sur ces axes l'équation $\dot{s}^{\mu\nu} = i/c\, \varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta} \dot{u}_\alpha \sigma_\beta$

$$\dot{s}^{ij} = 0 = \frac{i}{c} \varepsilon^{ijk4} \dot{u}_k \sigma_4 \quad \text{d'où} \quad \sigma_4 \dot{u}_k = 0 \qquad \text{et} \qquad \sigma_4 = 0,$$

ceci traduisant simplement le fait que $\sigma^\mu g_\mu = 0$.
De plus

$$\dot{s}^{4i} = i\mu_0 c v^i = \frac{i}{c} \varepsilon^{4ijk} \dot{u}_j \sigma_k,$$

$$c^2 \mu_0 v^i = \varepsilon^{ijk} \dot{u}_j \sigma_k = \alpha^2 \varepsilon^{ijk} \dot{v}_j \sigma_k.$$

ce qu'on peut écrire

(2) $$c^2 \mu_0 \mathbf{v}_\mathrm{I} = \alpha^2 \dot{\mathbf{v}}_\mathrm{I} \times \boldsymbol{\sigma}_1.$$

Cette relation ne doit pas être confondue avec la relation (1) écrite *dans le système propre*, car $\mathbf{v}_\mathrm{I}$ est seulement la projection sur les axes d'espace du système d'inertie d'un quadrivecteur qui a également une composante de temps. Elle permet de montrer, comme l'a fait Weyssenhoff, que le corpuscule décrit dans le système d'inertie un mouvement circulaire et uniforme autour du spin.

Il est facile de voir que le vecteur utilisé comme spin par Weyssenhoff dans le système d'inertie est $\mathbf{s} = \alpha\boldsymbol{\sigma}$. Il est constant parce que $\dot{\sigma}^\mu = 0$ et que v^2 (donc α) est constant. Mais on doit remarquer que, contrairement à $\boldsymbol{\sigma}$ qui s'identifie avec le quadrivecteur σ^μ dont toutes les composantes sont dans l'espace d'inertie, $\mathbf{s}$, dual d'espace de s^{ij} n'a de signification qu'associé à un autre vecteur $\mathbf{q}$ de composantes s^{i4}, et que cette décomposition de $s^{\mu\nu}$ n'est pas covariante ([3]).

(*) Séance du 8 octobre 1956.

([1]) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1022.

([2]) Weyssenhoff, *Acta Phys. Pol.*, 9, 147, p. 8.

([3]) L. de Broglie, *Théorie des particules de spin 1/2*, p. 54.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations de l'électron magnétique déduites de la théorie des champs de tétrapodes.* Note (*) de M. **Alix Aymard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations des champs de tétrapodes établies dans une Note précédente ([1]) donnent avec un lagrangien approprié les équations tensorielles de l'électron magnétique valables en relativité généralisée.

Précisons d'abord quelques notations; nous désignerons par :

$\mathbf{A}_{;i}$ le vecteur de composantes $A_{k;i}$ le signe ; désignant la dérivation covariante;

$(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})$ le vecteur de composantes $B^m C_{m;k}$;

$\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})$ le scalaire produit intérieur de $\mathbf{A}$ et $(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})$ c'est-à-dire $A^k B^m C_{m;k}$;

$\dot{\omega}$ le gradient de ω de composantes $\omega_{,k}$;

$\mathbf{P}[\mathbf{QR}]$ le produit intérieur du bivecteur $[\mathbf{QR}]$ par le vecteur $\mathbf{P}$, c'est-à-dire

$$\mathbf{P}[\mathbf{QR}] = (\mathbf{PQ})\mathbf{R} - (\mathbf{PR})\mathbf{Q};$$

$[\mathbf{PS}][\mathbf{QR}]$ le produit intérieur des bivecteurs $[\mathbf{PS}]$ et $[\mathbf{QR}]$ c'est-à-dire

$$[\mathbf{PS}][\mathbf{QR}] = \begin{vmatrix} \mathbf{PQ} & \mathbf{PR} \\ \mathbf{SQ} & \mathbf{SR} \end{vmatrix} = (\mathbf{PQ})(\mathbf{SR}) - (\mathbf{PR})(\mathbf{SQ}) = \frac{1}{2}(P^iS^j - P^jS^i)(Q_iR_j - Q_jR_i).$$

Considérons maintenant un champ composé de tétrapodes $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$, $\mathbf{C}$, $\mathbf{D}$ et de deux scalaires ρ et ω avec le lagrangien suivant :

$$\mathcal{L} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho\left\{\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}\dot{\omega} + \frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega\right\},$$

m_0 étant la masse propre de l'électron. Ce champ comporte huit arbitraires les huit équations du champ sont

$$\text{(I)}\qquad \left[\mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}}\right] + \left[\mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}}\right] + \left[\mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}}\right] + \left[\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}}\right] = 0, \qquad \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\omega} = 0, \qquad \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\rho} = 0.$$

Les dérivées variationnelles sont

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\{\rho(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) - (\mathrm{div}\,\rho\mathbf{B})\,\mathbf{C} - \rho\mathbf{C}_{,m}B^m + \rho\mathbf{B}_{,m}C^m\},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\{\rho(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) - (\mathrm{div}\,\rho\mathbf{C})\,\mathbf{A} - \rho\mathbf{A}_{,m}C^m + \rho C_{,m}A^m\},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\{\rho(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) - (\mathrm{div}\,\rho\mathbf{A})\,\mathbf{B} - \rho\mathbf{B}_{,m}A^m + \rho\mathbf{A}_{,m}B^m\},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho\dot{\omega},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\omega} = -\sqrt{-g}\left(\mathrm{div}\,\frac{\hbar}{2}\rho\,\mathbf{D} + \rho m_0 c\sin\omega\right),$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\rho} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\left\{\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}\dot{\omega} + \frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega\right\}.$$

Explicitons les huit équations scalaires du champ :

$\mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} - \mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} = 0$ donne (I.1) $\mathrm{div}\,\rho\mathbf{A} = 0,$

$\mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} + \mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} = 0$ » (I.2) $\mathrm{div}\,\rho\mathbf{B} = 0,$

$\mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} + \mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} = 0$ » (I.3) $\mathrm{div}\,\rho\mathbf{C} = 0,$

$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\omega} = 0$ » (I.4) $\mathrm{div}\,\frac{\hbar}{2}\rho\,\mathbf{D} + \rho m_0\sin\omega = 0,$

$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\rho} = 0$ » (I.5) $\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}\dot{\omega} + \frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega = 0,$

$\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} + \mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = 0$ » (I.6) $\mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{D}}) + \mathbf{C}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{A}\dot{\omega} = 0,$

$\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} - \mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = 0$ » (I.7) $\mathbf{C}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{D}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{A}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{D}}) + \mathbf{B}\dot{\omega} = 0,$

$\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} - \mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = 0$ » (I.8) $\mathbf{D}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{D}}) - \mathbf{B}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}}) - \mathbf{C}\dot{\omega} = 0.$

Conservation du courant. — L'équation (I.1) exprime la conservation du courant; **A** est le vecteur unitaire colinéaire au courant et ρ la densité propre.

Conservation de l'impulsion-énergie. — On vérifie facilement que l'on peut permuter circulairement les indices de l'expression $\sum_{\mathrm{ABCD}} (\partial L/(\partial A_{m;k}) A_p)$, il en résulte que le tenseur impulsion-énergie est conservatif.

Existence du spin. — On sait que l'existence du spin est liée à une asymétrie du tenseur impulsion-énergie et que si $[\underset{\vee}{T}]$ est la partie antisymétrique de ce tenseur, la densité de spin **s** est telle que

$$2[\underset{\vee}{T}] + \overline{\mathrm{rot}\,\mathbf{s}} = 0. \tag{1}$$

L'équation (I.5) montre que $\mathcal{L}$ est nul, on a donc

$$T_{ij} = -\frac{\hbar}{2}\rho\{A_i(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})_j + B_i(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}})_j + C_i(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}})_j + D_i\omega_{,j}\},$$

$$2[\underset{\vee}{T}] = -\frac{\hbar}{2}\rho\{[\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})] + [\mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}})] + [\mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}})] + [\mathbf{D}\dot{\omega}]\}.$$

L'équation tensorielle (I) s'écrit

$$\begin{aligned}\rho\{[\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})] + [\mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}})] + [\mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}})] + [\mathbf{D}\dot{\omega}] + [\mathbf{AB}_{,m}]C^m - [\mathbf{AC}_{,m}]B^m \\ + [\mathbf{BC}_{,m}]A^m + [\mathbf{A}_{,m}\mathbf{B}]C^m + [\mathbf{CA}_{,m}]B^m - [\mathbf{CB}_{,m}]A^m\} \\ + (\mathrm{div}\,\rho\mathbf{A})[\mathbf{BC}] - (\mathrm{div}\,\rho\mathbf{B})[\mathbf{AC}] + (\mathrm{div}\,\rho\mathbf{C})[\mathbf{AB}] = 0\end{aligned}$$

c'est-à-dire

$$2[\underset{\vee}{T}] - \mathrm{div}\,\frac{\hbar}{2}\rho[\mathbf{ABC}] = 0,$$

Mais dans le tétrapode on a

$$\rho[\mathbf{ABC}] = \varepsilon\rho\,\overline{\mathbf{D}}, \qquad \mathrm{div}\,\rho[\mathbf{ABC}] = \varepsilon\,\overline{\mathrm{rot}\,\rho\mathbf{D}}, \qquad \text{en posant} \quad [\overline{\mathbf{ABCD}}] = \varepsilon = \pm 1,$$

ce qui permet d'écrire

$$2[\underset{\vee}{T}] - \varepsilon\,\overline{\mathrm{rot}\,\frac{\hbar}{2}\rho\mathbf{D}} = 0. \tag{2}$$

En comparant (1) et (2) on voit que la densité de spin et $-\varepsilon(\hbar/2)\rho\mathbf{D}$; c'est un vecteur d'espace orthogonal au courant et de même module ρ au facteur $\hbar/2$ près.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) A. Aymard, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 885.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Introduction possible à une Mécanique statistique du point aléatoire relativiste.* Note (*) de M. **Philippe Leruste**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous plaçons ici uniquement dans le cas d'*un seul point* matériel aléatoire, afin de n'introduire qu'un seul temps propre.

La Mécanique statistique classique utilise dans ce cas un espace des phases à 6 dimensions : 3 pour déterminer la position du point, 3 pour déterminer son impulsion.

En Relativité, où l'on utilise un espace-temps à 4 dimensions pour la position et le temps, l'impulsion-énergie d'un point est un quadrivecteur. Il semble donc logique d'utiliser un espace des phases à 8 composantes :

4 composantes d'espace-temps $x_0 = ct,\ x_1,\ x_2,\ x_3$;

4 composantes d'impulsion-énergie $p_0,\ p_1,\ p_2,\ p_3$.

Dans cet espace 2 trajectoires ne peuvent avoir de point commun sans être confondues, ceci en admettant que position et impulsion d'un point suffisent à déterminer sa trajectoire.

Il existe entre les p_μ la relation (μ variant de 0 à 3)

$$p_\mu p^\mu = p_0^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2 = m_0^2 c^2. \tag{1}$$

Cette relation impose que les trajectoires possibles d'un point matériel de masse au repos m_0 s'inscrivent sur la surface (à 7 dimensions) définie par (1). Toutefois, en toute généralité, il n'est pas nécessaire de supposer la masse m_0 connue, et l'on peut, dans cette représentation, étudier dans le même espace les trajectoires correspondant à des points de masses différentes (masse aléatoire). On pourrait même représenter les trajectoires de points pour lesquelles la quantité $p_\mu p^\mu$ ne soit pas constante au cours du mouvement, ce qui correspondrait à une masse au repos variable [par exemple masse de de Broglie de l'interprétation causale de la Mécanique ondulatoire ([1])].

Théorème de Liouville. — En mécanique classique, lorsque les équations du mouvement peuvent être tirées d'une fonction d'Hamilton, on montre, c'est là le théorème de Liouville, qu'un volume quelconque de l'espace des phases (à 6 dimensions) se conserve au cours du temps.

Ici le temps étant une coordonnée de l'espace, le théorème correspondant ne saurait concerner un 8-volume de l'espace des phases. Nous allons montrer qu'ici le flux d'un certain vecteur se conserve.

Un vecteur tangent à la trajectoire est défini par

$$dx_0,\quad dx_1,\quad dx_2,\quad dx_3,\quad dp_0,\quad dp_1,\quad dp_2,\quad dp_3.$$

Introduisons l'intervalle infinitésimal de temps propre $d\tau$ défini par

$$d\tau^2 = dx_\mu dx^\mu = dx_0^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2. \tag{2}$$

Définissons un vecteur U_ρ par (ρ variant de 0 à 7) :

$$U_0 = \frac{dx_0}{d\tau},\qquad U_1 = \frac{dx_1}{d\tau},\qquad \ldots,\qquad U_4 = \frac{dp_0}{d\tau},\qquad \ldots,\qquad U_7 = \frac{dp_3}{d\tau}. \tag{3}$$

Les quatre premières composantes du vecteur U_ρ sont les composantes du vecteur vitesse unitaire tangent à la trajectoire d'espace-temps.

Évaluons la quantité

$$\partial^{\rho} U_{\rho} = \frac{\partial}{\partial x_{\mu}} \frac{dx_{\mu}}{d\tau} + \frac{\partial}{\partial p_{\mu}} \frac{dp_{\mu}}{d\tau}.$$

Les équations d'Hamilton peuvent s'écrire, H étant la fonction d'Hamilton relative au temps propre :

$$(4) \qquad \begin{cases} \dfrac{dx_{\mu}}{d\tau} = \dfrac{\partial H}{\partial p_{\mu}}, \\ \dfrac{\partial p_{\mu}}{d\tau} = -\dfrac{\partial H}{\partial x_{\mu}}. \end{cases}$$

Portons dans l'expression de $\partial_{\rho} U^{\rho}$:

$$\partial_{\rho} U^{\rho} = \frac{\partial}{\partial x_{\mu}} \frac{\partial H}{\partial p_{\mu}} + \frac{\partial}{\partial p_{\mu}} \left(-\frac{\partial H}{\partial x_{\mu}} \right),$$

$$(5) \qquad \partial_{\rho} U^{\rho} = 0.$$

Cette relation (5) indique que le *vecteur* U_{ρ} *est conservatif.*

Pour préciser l'analogie avec la Mécanique classique, considérons un tube de courant que nous limiterons par deux surfaces σ et σ' (à sept dimensions) du genre espace, analogues aux surfaces utilisées par Schwinger [2] et soit Σ et Σ' les portions de ces surfaces intérieures au tube de courant :

— le flux de U_{ρ} à travers la paroi du tube est nul (U_{ρ} est tangent à cette paroi);

— le flux de U_{ρ} est conservatif, donc *le flux de ce vecteur à travers* Σ *est égal au flux de ce même vecteur à travers* Σ'.

Ceci est l'analogue du théorème classique, les surfaces σ et σ' généralisant la notion de deux temps différents t et t'.

Équation de Liouville. — Supposons que chaque trajectoire soit pondérée par une densité D constante le long de chaque trajectoire comme en Mécanique classique.

Nous poserons alors

$$j_{\rho} = D u_{\rho}.$$

On a

$$(6) \qquad \partial_{\rho} j^{\rho} = u^{\rho} . \partial_{\rho} D + D \, \partial^{\rho} U_{\rho}.$$

Le premier terme est nul, D étant constant le long de chaque trajectoire, le second terme est nul selon (5), d'où

$$(7) \qquad \partial^{\rho} j_{\rho} = 0.$$

Le vecteur j_{ρ} est donc apte à représenter un vecteur-densité de probabilité dans l'espace des phases [3], l'équation de Liouville correspondante étant justement l'équation (7). Compte tenu de (5) cette équation peut encore s'écrire (i variant de 1 à 3)

$$(8) \qquad \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{dx_i}{dt} \frac{\partial D}{\partial x_i} + \frac{dp_0}{dt} \frac{\partial D}{\partial p_0} + \frac{dp_i}{dt} \frac{\partial D}{\partial p_i} = 0.$$

Supposons qu'il existe une relation indépendante des x_μ entre les p_μ, telle par exemple que la relation habituelle (1). On peut alors éliminer p_0 de l'équation (8) en posant

$$\overline{D}(x_0, x_1, x_2, x_3; p_1, p_2, p_3) = D[x_0, x_1, x_2, x_3; p_0(p_1, p_2, p_3), p_1, p_2, p_3].$$

Par un calcul simple on obtient alors

$$(9) \qquad \frac{\partial \overline{D}}{\partial t} + \frac{dx_i}{dt}\frac{\partial \overline{D}}{\partial x_i} + \frac{dp_i}{dt}\frac{\partial \overline{D}}{\partial p_i} = 0.$$

Pour passer à l'approximation newtonienne, il suffit alors de poser

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{p_i}{m}$$

et l'on trouve l'équation de Liouville de la mécanique classique dans l'espace des (x_i, p_i).

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) L. DE BROGLIE, *La Physique quantique restera-t-elle indéterministe*, Paris, 1953, p. 45.

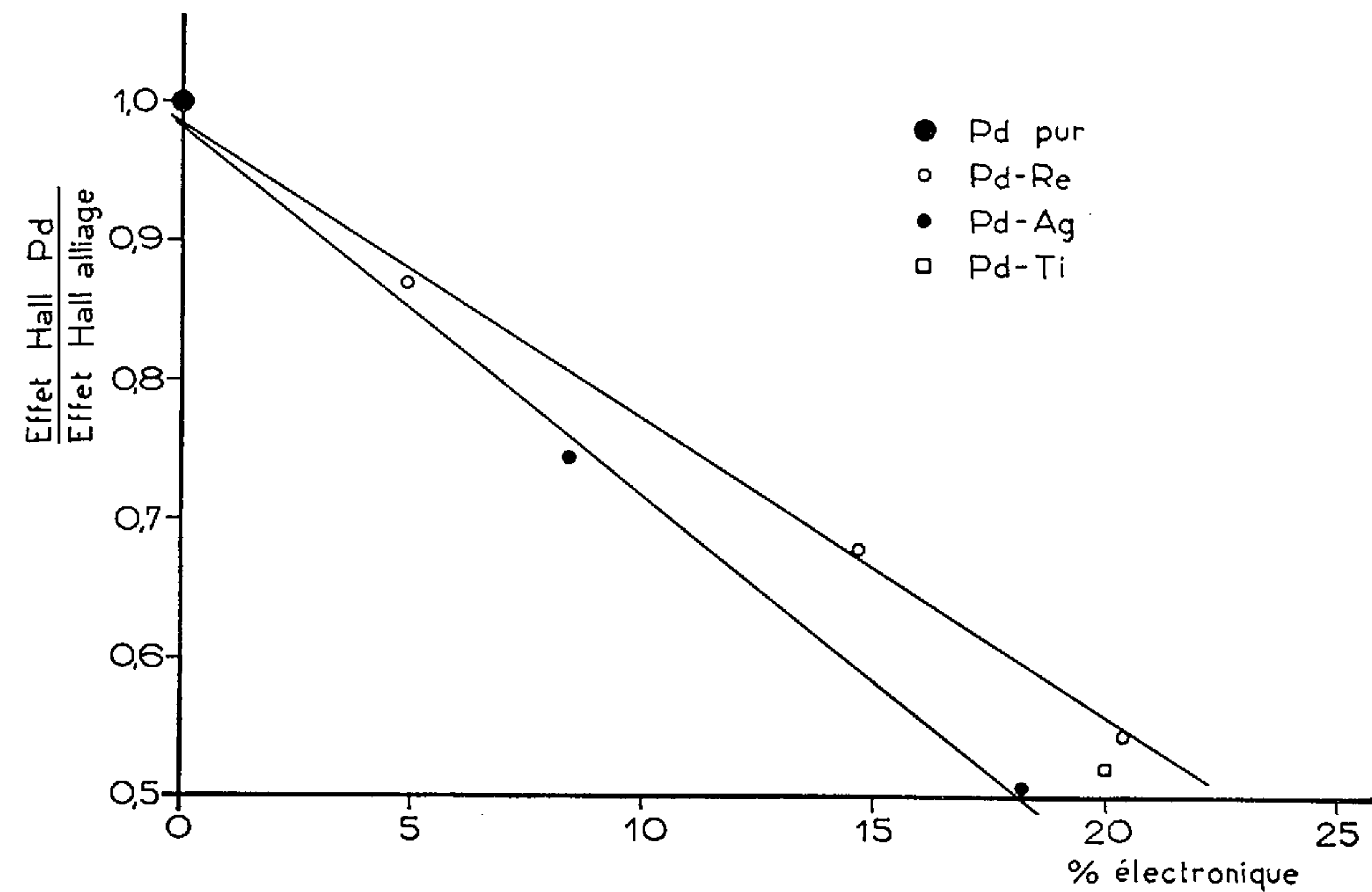
(2) J. SCHWINGER, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1439.

(3) P. LERUSTE, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1021.

MAGNÉTISME. — *Mesure de l'effet Hall sur des alliages palladium-métaux diamagnétiques.* Note de M. **JOSEPH COHEN**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Au cours d'une étude systématique des moments et des interactions dans des solutions solides métalliques j'ai été amené à mesurer à 5 % près l'effet Hall sur des alliages palladium-métaux diamagnétiques. On a constaté par des mesures thermomagnétiques que l'adjonction de métaux diamagnétiques et donneurs d'électrons *s* comme l'argent, le cuivre, l'aluminium, au palladium fait décroître le nombre de porteurs mesuré par la constante de Curie. Le palladium atomique possède dix électrons périphériques. Diverses expériences et mesures magnétiques montrent que le palladium métallique possède 0,6 trous *d* et par suite 0,6 électrons *s* par atome. La constante de Curie moléculaire d'alliages Pd-Cu, Pd-Al, ... décroît linéairement et tend vers zéro pour 60 % d'électrons *s* introduits. On en déduit que la substitution d'un atome de palladium par un atome donneur d'électrons doit laisser inchangé le nombre d'électrons *s*. C'est pour vérifier cette constance du nombre d'électrons libres que j'ai mesuré l'effet Hall d'alliages palladium-métaux diamagnétiques dans la région *paramagnétique*.

Dispositif expérimental. — Les alliages ont été préparés par fusion directe à l'aide d'un four à haute fréquence sous vide à partir de métaux purs. Après recuit, ils ont été laminés en bandes de 25 mm de large et de 50 μ d'épaisseur environ. L'épaisseur a été déterminée par pesée et mesure de la surface. De longues oreilles latérales ont été ménagées au milieu des côtés afin que les connections de mesure soient en dehors du champ magnétique. Un champ intense de l'ordre de 30 000 Oe est obtenu en réduisant l'entrefer à 1 mm de largeur. Les oreilles sont connectées à un pont compensateur.



Les déviations du galvanomètre changent de sens en conservant leur valeur absolue quand on inverse le champ magnétique ou le courant. De plus la déviation est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse la substance à mesurer. L'appareil est étalonné à l'aide du palladium pur et du cuivre pur. Les résultats obtenus sont bien dans le rapport des effets Hall connus de ces métaux.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

	% at.	Effet Hall $\times 10^{+2}$.	Inverse.	$\frac{\text{Effet Hall Pd}}{\text{Effet Hall alliage}}$.
Pd pur	–	0,115	8,69	1
Pd-Re	0,7	0,132	7,57	0,870
Pd-Re	2,09	0,169	5,92	0,681
Pd-Re	2,91	0,211	4,74	0,545
Pd-Ag	8,4	0,154	6,49	0,746
Pd-Ag	18,2	0,227	4,40	0,506
Pd-Ti	4,94	0,221	4,52	0,520

Les Pd-Re ont été préparés à partir d'un alliage mère à 2,9 % at de rhénium. J'ai répété les mesures trois mois plus tard en utilisant un galvanomètre plus sensible. Les résultats obtenus sont identiques aux précédents.

Il résulte de la théorie que l'inverse de l'effet Hall est proportionnel au nombre apparent d'électrons s et ne dépend que de ce nombre $A = 1/nec$. Les mesures précédentes montrent que l'effet Hall, contrairement aux prévisions, ne reste pas constant mais décroît linéairement en fonction de la concentration électronique s introduite. En extrapolant la loi linéaire on trouve un effet nul vers 40 % d'électrons s. Les mesures de résistance des Pd-Ag montrent que la résistivité croît énormément quand on ajoute de l'argent au palladium. Elle passe par un maximum pour 40 % d'argent. Plutôt que de remettre en question la validité du calcul de l'effet Hall dans les métaux il paraît préférable d'admettre que tous les électrons s ne sont pas libres dans les Pd-Ag. Mais cette hypothèse suppose l'existence d'électrons s semi-liés et par suite nécessite l'introduction d'un couplage s-d. Il n'est donc pas impossible que les électrons s participent aux couplages magnétiques.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Emploi d'une lentille quadrupolaire magnétique pour réduire la « distorsion » de l'image en microscopie électronique par réflexion.* Note (*) de MM. **Charles Fert** et **Robert Saporte**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une lentille quadrupolaire disposée après le projecteur réalise une anamorphose et réduit la « distorsion » de l'image obtenue en microscopie électronique par réflexion, quel que soit l'angle d'observation choisi. Une théorie élémentaire rend compte des résultats expérimentaux et permet le calcul des données nécessaires pour la construction de cette lentille.

Dans une précédente communication (1), nous avons proposé de réduire le rapport $M_1/M_2 = 1/\sin\theta_2$, des grandissements « *caractéristiques* », en microscopie électronique par réflexion, en introduisant, après le projecteur, une lentille électrostatique sphérocylindrique qui réalise une anamorphose.

Le même résultat peut être atteint en substituant à cette lentille électrostatique une *lentille quadrupolaire*.

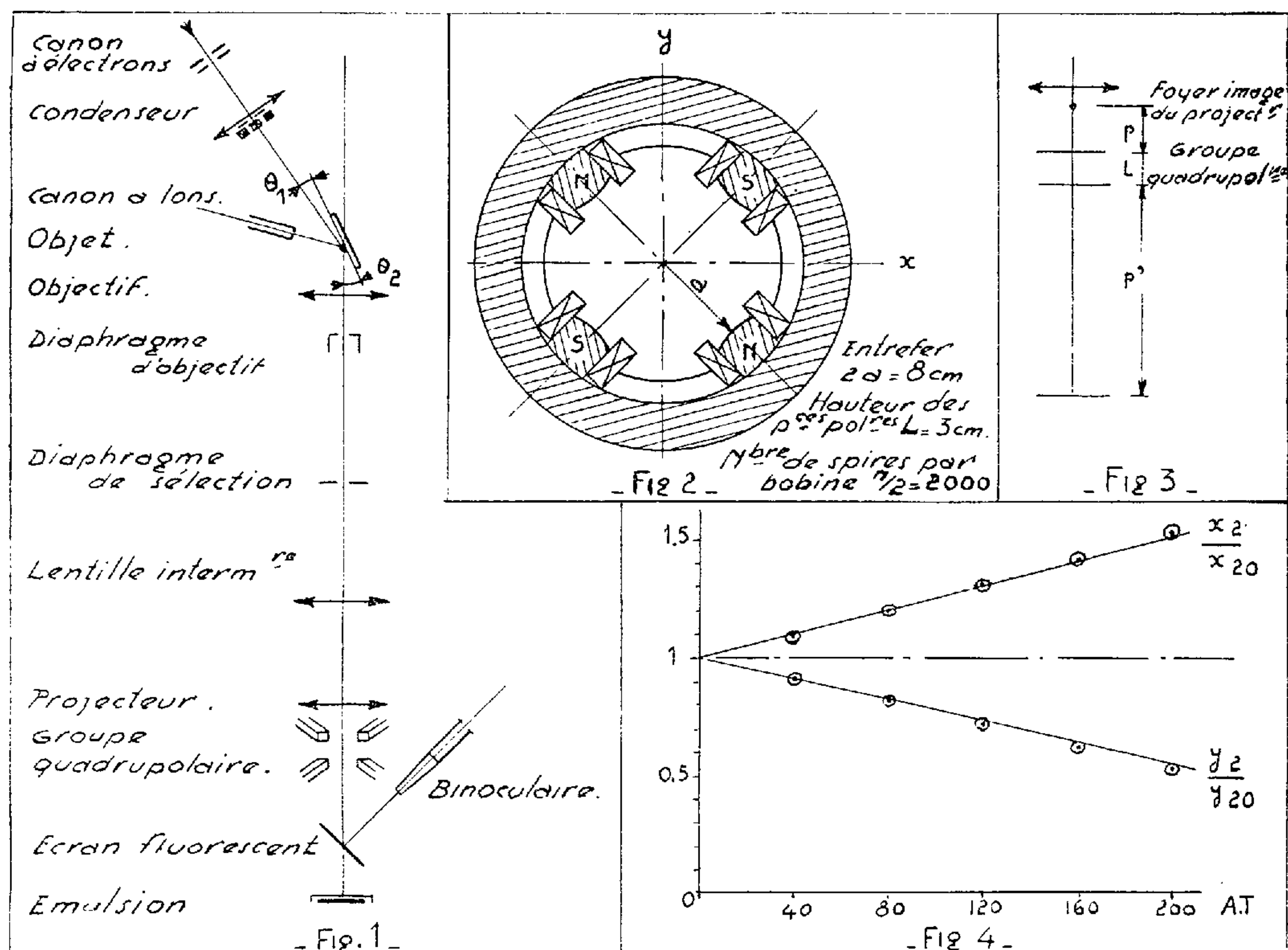
L'emploi d'une lentille quadrupolaire *magnétique* (*fig.* 2) est particulièrement commode : son action est réglable d'une manière continue, sa mise en œuvre ne présente pas les difficultés de tenue à la tension d'une lentille électrostatique et ses aberrations sont faibles.

Calcul de la lentille quadrupolaire et de son action. — Le calcul de la lentille quadrupolaire peut être conduit en admettant une première approximation simple que l'expérience montre suffisante.

a. Dans un plan de front, les composantes de l'induction sont

$$B_x = K y, \qquad B_y = K x,$$

K étant une constante à l'intérieur du groupe quadrupolaire, d'épaisseur L.



_ Fig. 1 _ _ Fig 2 _ _ Fig 3 _ _ Fig 4 _

b. En supposant que les expressions de B_x et B_y sont valables jusqu'au voisinage des pièces polaires et que la perméabilité du fer est très grande, le théorème d'Ampère permet le calcul de K :

$$K = 4\pi . 10^{-7} \frac{ni}{a^2} \quad (\text{AT/m}^2). \tag{2}$$

Avec ces hypothèses, l'action de la « lentille » se calcule aisément. Pour un sens convenable du courant, le grandissement est multiplié par [2].

$$\begin{cases} 1 + \beta\omega^2 L^2 & \text{dans la direction } Ox, \\ 1 - \beta\omega^2 L^2 & \text{dans la direction } Oy. \end{cases} \tag{3}$$

Dans ces expressions, on a posé (*fig.* 2 et 3) :

$$\beta = \frac{\dfrac{p+p'}{2} + \dfrac{L}{6} + \dfrac{pp'}{L}}{p + p' + L}, \tag{4}$$

$$\omega^2 L^2 = K \sqrt{\frac{e}{2 m_0 V^\star}} L^2 = 4\pi . 10^{-7} \sqrt{\frac{e}{2 m_0}} \frac{ni}{\sqrt{V^\star}} \frac{L^2}{a^2} \tag{5}$$

[$V^\star = V(1 + 0{,}98 . 10^{-6} V)$, V, différence de potentiel accélératrice].

Résultats expérimentaux. — Pour contrôler cette théorie, nous avons formé sur l'écran l'image d'une grille ([3]). La figure 5 montre l'action de la lentille quadrupolaire à excitation croissante : la distorsion reste faible pour toutes les conditions d'emploi. On vérifie bien les expressions (3) (*fig.* 4). Les valeurs numériques du coefficient $\beta\omega^2 L^2$ coïncident avec celles qui sont calculées sur les bases de la théorie ci-dessus si l'on donne à L une valeur légèrement supérieure à Δ pour tenir compte de l'étalement du champ.

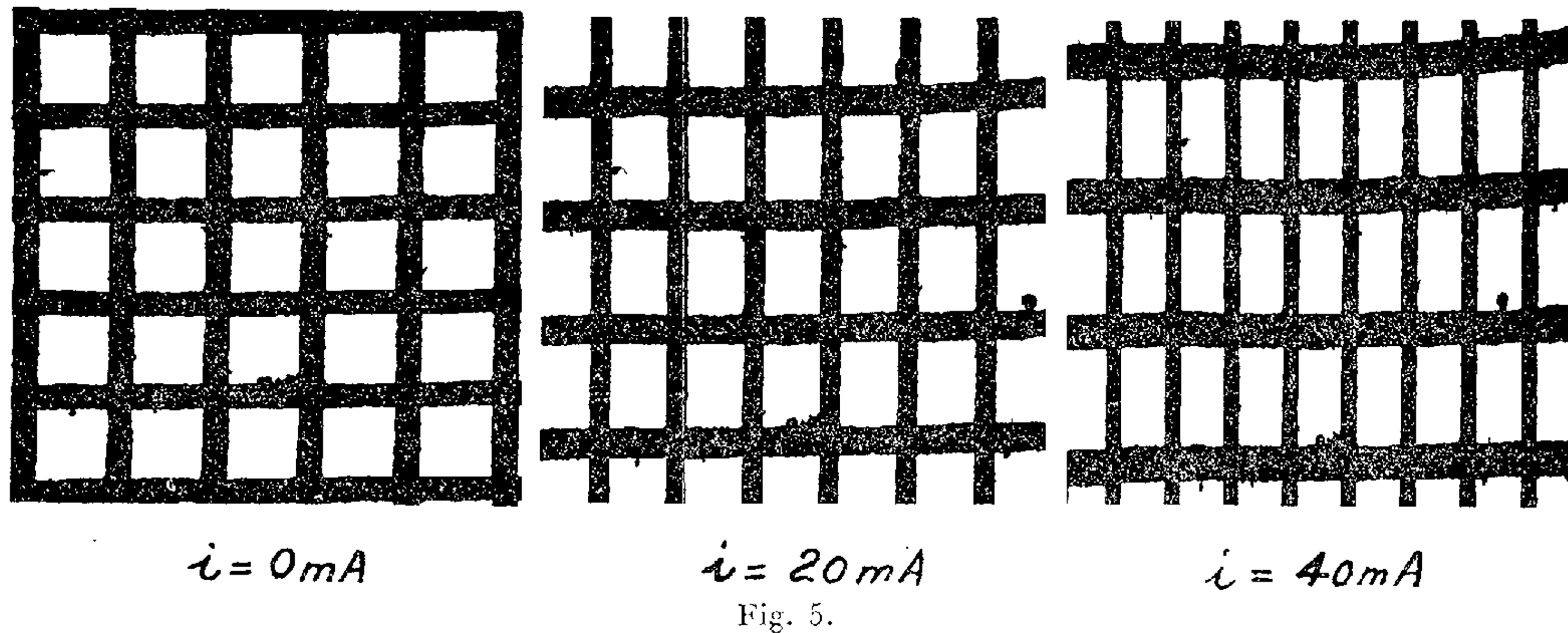


Fig. 5.

Application en microscopie électronique par réflexion. — Avec la lentille quadrupolaire, le rapport des grandissements caractéristiques, en microscopie électronique par réflexion, devient

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{\sin\theta_2}\,\frac{1+\beta\omega^2 L^2}{1-\beta\omega^2 L^2}.$$

A titre d'exemple, la figure 6 montre l'image d'une fonte blanche perlitique,

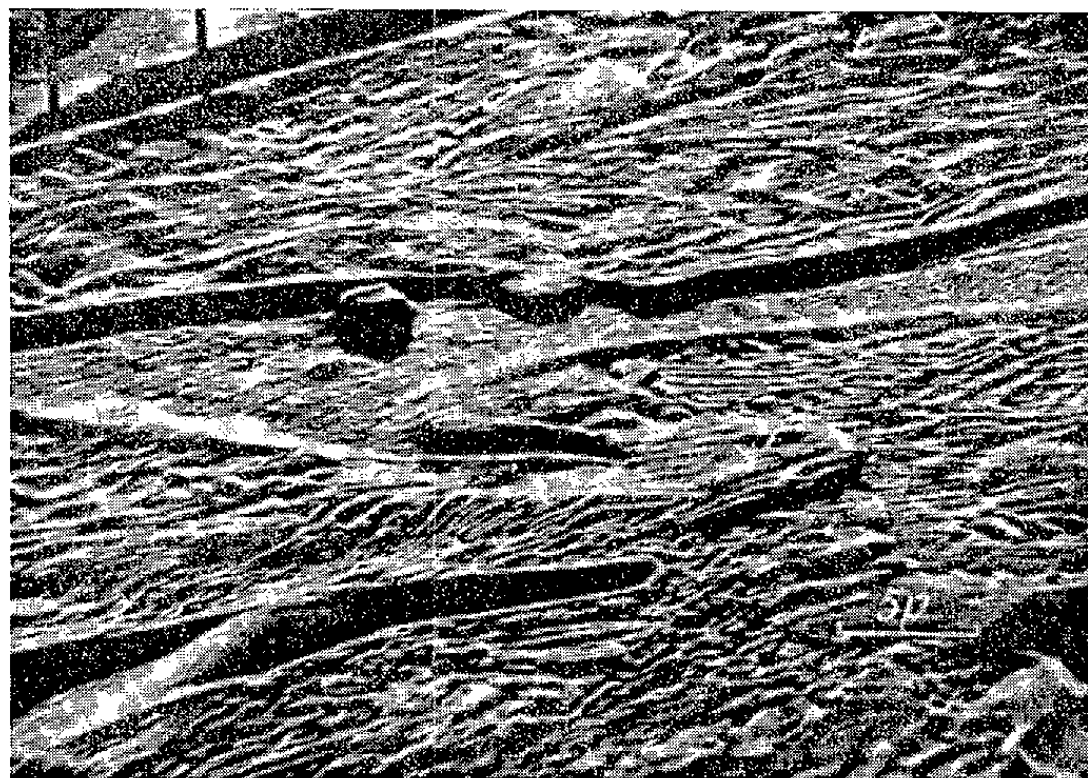


Fig. 6.

vue sous $\theta_2 = 12°$. L'action de la lentille quadrupolaire ramène le rapport M_1/M_2 de 5 à 3 environ. Sous $\theta_2 = 12°$, l'éclairement de l'image est suffisant pour que l'exploration du spécimen soit facile. L'emploi d'un écran incliné dans le sens précisé sur la figure 1 donne une correction supplémentaire qui facilite cette observation.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

([1]) C. Fert et B. Marty, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1454.

([2]) Une théorie plus complète conduit à un développement : $1 + \beta\omega^2 L^2 + \gamma\omega^4 L^4 \ldots$ et $1 - \beta\omega^2 L^2 + \gamma\omega^4 L^4 \ldots$. A cette approximation, il faudrait aussi introduire des termes d'aberration.

([3]) En réalité, la grille est disposée immédiatement au-dessus du projecteur, et c'est son ombre portée qui est enregistrée sur l'émulsion sensible. Cette méthode permet une étude expérimentale complète de l'action de la lentille quadrupolaire.

SPECTROLOGIE HERTZIENNE. — *Passage du domaine hertzien à l'infrarouge et de l'infrarouge au hertzien*. Note de MM. **Paul Abadie, Robert Charbonnière, Auguste Gidel, Pierre Girard** et **André Guilbot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Pour des solides dont l'absorption diélectrique est imputable à des OH latéraux, on a : $f_c = A\, l^{-(H/kT)}$ (f_c fréquence critique, k, constante de Boltzmann). La valeur de l'énergie H de la liaison oxhydrile s'obtient, soit par la variation de f_c avec $1/T$, soit par le déplacement de la fréquence longitudinale de O—H dans l'infrarouge. La valeur calculée de A est alors proche de $3.10^{13}\ s^{-1}$, fréquence de rotation-torsion de O—H dans l'infrarouge.

Des substances très différentes par leurs fonctions chimiques et biologiques et par leurs masses moléculaires (amidon, cellulose, sucres, phénol) dont l'absorption diélectrique est imputable à la seule rotation dans le champ alternatif de certains oxhydriles latéraux, satisfont, comme nous l'avons montré dans des Notes antérieures ([1]), à la relation

$$f_c = A e^{-\frac{H}{kT}} \tag{I}$$

k, constante de Boltzmann, f_c, fréquence critique de la courbe d'absorption de la substance et H, énergie d'interaction des oxhydriles de molécules opposées.

On peut calculer H (en kcal. par OH) par deux voies très différentes : 1° dans le hertzien, par la variation de f_c avec $1/T$. Du coefficient angulaire de la droite $f_c = \varphi(1/T)$ variable d'un corps à l'autre, on déduit la valeur de H. Cette valeur est indépendante de T.

2° dans l'infrarouge par la relation ([2]) :

$$\frac{\Delta\nu}{35} = H \tag{II}$$

où $\Delta\nu$ représente le déplacement (en cm^{-1}) de la fréquence de vibration longitudinale de la liaison O — H (vers les basses fréquences).

Voici pour quelques substances les valeurs de H calculées par les 2 voies :

TABLEAU I.

Substances.	H en kcal par OH. Hertzien.	Infrarouge.
Amidon de blé cryodéshydraté	11,5	10,6
Cellulose déshydratée	8	8,4
Maltose cryodéshydraté	9,5	9,4
Cellobiose cryodéshydraté	9,4	8,6
Saccharose fondu	11,1	9,8

Les inévitables imprécisions, qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre méthode, ne permettent pas d'espérer une concordance beaucoup meilleure.

Les valeurs de H (valeurs approximatives) étant ainsi calculées, la relation (I) nous permet, la température étant définie, d'obtenir la valeur de A. Il est évident que pour l'homogénéité de (I), A doit avoir la signification d'une fréquence.

Voici ces valeurs pour les 2 hauts polymères cités, leurs sucres et le 3-5 dinitro-*p*-crésol (H étant déduit du Hertzien)

TABLEAU II.

Substances.	H en kcal par OH. Hertzien.	A en s^{-1}.
Amidon de blé cryodéshydraté	11,5	$4.\ 10^{14}$
Cellulose déshydratée	8	$0,34.10^{13}$
Maltose cryodéshydraté	9,5	1,52 »
Maltose fondu	9,7	1,95 »
Cellobiose cryodéshydraté	9,4	2,34 »
Saccharose fondu	11,1	$1,38.10^{14}$
3.5 dinitro-*p*-crésol	10	1,30 » ([3])

Dans l'amidon de blé la valeur de H est un peu forte. Il y correspondrait dans l'infrarouge une fréquence de vibration longitudinale caractéristique de O — H de 4 000 cm^{-1} au lieu de 3 700 cm^{-1}. On voit que A varie, de façon non systématique, de 10^{13} à 10^{14} s^{-1}.

Or, il est remarquable que c'est dans ces limites de fréquences que prennent place dans l'infrarouge les différentes fréquences de vibration de la liaison O — H.

En particulier pour les sucres, pour lesquels la linéarité de $\log f_c = \varphi(1/T)$ est la meilleure, la valeur de A est assez proche de 3.10^{13} s^{-1}, qui correspond à la fréquence de rotation-torsion de O — H (indépendante de H et par suite constante, ce qui l'oppose à la fréquence de vibration longitudinale).

Nous satisferons alors à la condition que A ait la signification d'une fréquence en écrivant :

$$f_c = 3.10^{13} e^{-\frac{H}{kT}}. \qquad \text{(III)}$$

Le tableau III donne, pour les corps étudiés, les valeurs de H calculées à partir de (III) et celles qu'on obtient directement par le déplacement de la fréquence de vibration longitudinale de O — H dans l'infrarouge.

TABLEAU III.

Substances.	f_c à 20°C.	H en kcal/OH. (relation III).	H en kcal/OH. Infrarouge.
Amidon de blé cryodéshydraté	$2,63.10^6$	9,6	10,6
Amidon de pomme de terre déshydraté	3,16 »	9,5	9,8
Cellulose déshydratée	4,17 »	9,3	8,4
Maltose cryodéshydraté	1,59 »	9,8	9,4
Maltose fondu	1,45 »	9,9	–
Cellobiose cryodéshydraté	2,51 »	9,6	8,6
Saccharose fondu	$8,71.10^5$	10,2	9,8
Saccharose cristallisé	$4 \quad 10^8$	6,6	6,1

Les valeurs de l'énergie de la liaison O—H . . . O, ainsi calculées ne peuvent être qu'approximatives. *Mais l'évident intérêt de* (III) *est de nous faire réaliser la dépendance de deux processus extrêmement différents par la modalité des mouvements et les régions de fréquence où ils se localisent : à savoir, la rotation d'un oxhydrile dans le champ alternatif et, dans l'infrarouge, les fréquences des vibrations propres de la liaison* O—H.

(1) P. Abadie, R. Charbonnière, A. Gidel, P. Girard et A. Guilbot, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1137 et 1941 ; **242**, 1956, p. 1016.
(2) Badger et Bauer, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 949.
(3) R. J. Mea Kins, *Austr. J. Sc. Res.*, 7, 1954, p. 371.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Concentration des isotopes du lithium par électromigration sur papier.* Note (*) de MM. **André Bonnin** et **Marius Chemla**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Après une électrophorèse sur papier d'ions lithium sur une distance de 56 cm, le rapport isotopique $^7Li/^6Li$ varie de 7,6 en tête de la tache à 15,0 en queue. (Rapport naturel mesuré dans les mêmes conditions : 11,3.) Les courbes de répartition des deux isotopes sont construites à partir des dosages obtenus par dilution isotopique. La différence relative de mobilité en est déduite; elle est voisine de 0,004.

La concentration d'isotopes observée après migration d'ions soumis à un champ électrique dans des sels solides (1), (2), fondus (3), (4), (5), et en solution aqueuse (6), (7), est un moyen de mesurer les mobilités relatives d'ions différant seulement par leur masse. L'électrophorèse sur papier est une méthode particulièrement bien adaptée à de telles déterminations dans les

solutions aqueuses. Nous l'avons déjà appliquée à l'étude de la séparation ^{22}Na-^{24}Na ([7]). Par un autre procédé, Brewer et Madorsky ont examiné le cas ^{39}K-^{41}K ([6]).

Parmi les autres alcalins, le lithium présente un intérêt particulier car son rayon ionique cristallin est le plus petit. L'attraction électrostatique des molécules d'eau, c'est-à-dire l'hydratation apparente, est donc plus importante pour le lithium que pour les autres ions alcalins. L'absence d'isotopes radioactifs de période convenable ne permet pas d'utiliser la méthode d'électro-

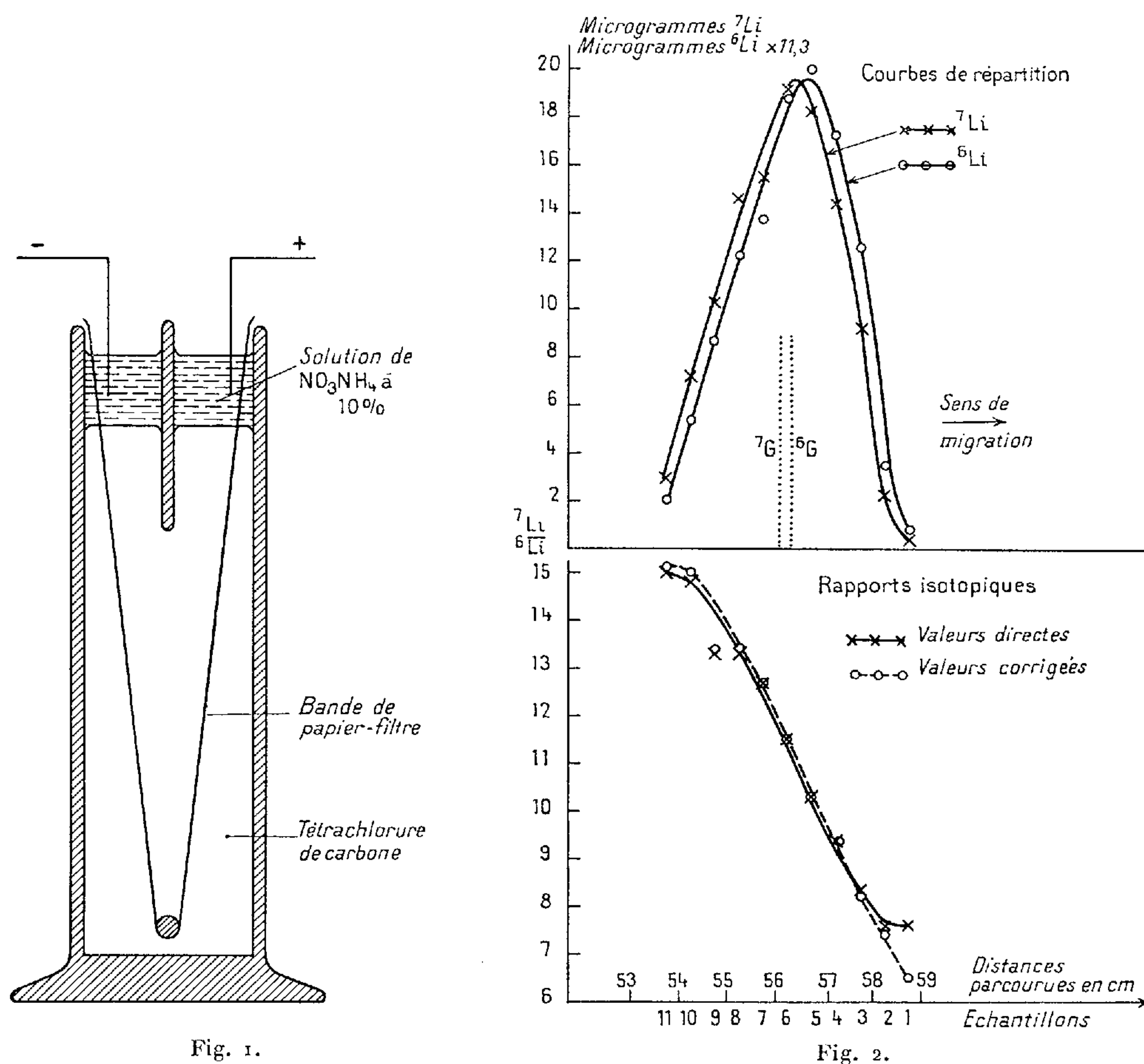


Fig. 1. Fig. 2.

migration très rapide sur longues distances que nous avons utilisée pour le sodium ([7]) : les très faibles quantités de matière traitées par cette méthode sont insuffisantes pour permettre la détermination des compositions isotopiques qui doit être effectuée au spectromètre de masse. Par contre, la grande différence relative de masse, 15,4 % des deux isotopes 6 et 7, provoque un effet isotopique suffisamment important pour être mesurable après une migration sur un parcours restreint.

Une bande de papier Durieux n° 122 de 85×4 cm est disposée dans l'appareil représenté figure 1. Le papier est immergé dans du tétrachlorure de carbone surmonté lui-même de l'électrolyte, solution de nitrate d'ammonium à 10 %. Une différence de potentiel de 300 V est appliquée entre les compartiments anodique et cathodique, sur une longueur de papier de 75 cm. La migration est interrompue après une durée de 14 h 30 mn. Le papier séché, est alors découpé en éhantillons longs de 5 mm. Les sels contenus dans chacun de ceux-ci sont dissous par 5 cm³ d'eau distillée dans des récipients de polythène, ce qui évite l'apport d'ions alcalins que le verre serait susceptible de provoquer. La présence de lithium dans les solutions obtenues est recherchée par une détection rapide à la flamme. La zone de lithium a parcouru environ 56 cm et s'étend sur 11 échantillons. Le rapport isotopique $^7Li/^6Li$ de chacun d'eux est déterminé par spectrométrie de masse. Pour cela, 2 cm³ de solutions sont évaporés dans un récipient à fond cônique. La goutte restante est déposée sur le filament de la source d'ions du spectromètre. Les valeurs extrêmes obtenues sont $^7Li/^6Li = 7{,}6$ en tête de la tache, et $^7Li/^6Li = 15{,}0$ en queue (*fig.* 2). (Rapport naturel mesuré dans les mêmes conditions : 11,3.)

Le dosage du lithium contenu dans chaque échantillon est effectué par dilution isotopique. Pour cela, 1 cm³ d'un réactif contenant 0,4 p. p. m. de ^6Li pur est ajouté à 1 cm³ de la solution à doser. La composition isotopique du mélange est déterminée par une nouvelle mesure au spectromètre de masse. Les quantités de chaque isotope en sont déduites. Les valeurs obtenues sont corrigées pour tenir compte du lithium introduit systématiquement par le nitrate d'ammonium, le papier et l'eau distillée. Le terme correctif est évalué par un essai à blanc effectué sur un échantillon situé 15 cm en arrière de la zone de lithium. L'ensemble des résultats est porté sur le tableau I et représenté graphiquement sur la figure 2.

TABLEAU I.

Échantillons.	Rapport $\frac{^7Li}{^6Li}$.	Rapport $\frac{^7Li}{^6Li}$ après dilution isotopique.	Masse ^6Li (μg).	Masse ^7Li (μg).	Masse ^6Li corrigée (μg).	Masse ^7Li corrigée (μg).	Rapport $\frac{^7Li}{^6Li}$ corrigé.
1	7,6	0,28	0,076	0,57	0,06	0,39	6,5
2	7,6	1,1	0,32	2,5	0,31	2,3	7,4
3	8,3	3,0	1,13	9,4	1,12	9,2	8,2
4	9,4	4,1	1,55	14,6	1,53	14,4	9,4
5	10,3	4,85	1,78	18,4	1,77	18,2	10,3
6	11,5	5,25	1,68	19,3	1,66	19,1	11,5
7	12,7	4,85	1,24	15,7	1,22	15,5	12,7
8	13,3	4,75	1,11	14,8	1,09	14,6	13,4
9	13,3	3,75	0,79	10,5	0,77	10,3	13,4
10	14,8	2,95	0,50	7,4	0,48	7,2	15,0
11	15,0	1,38	0,20	3,0	0,19	2,9	15,1
Essai à blanc (Li naturel)	11,3	0,09	0,016	0,18	–	–	–

Le décalage des courbes de répartition de ^{6}Li et ^{7}Li est déterminé par le calcul des abscisses des centres de gravité ^{6}G et ^{7}G des aires correspondantes. La différence relative de mobilité $\Delta v/v$ en est déduite, puis le rapport $\mu = (\Delta v/v)/(\Delta m/m)$ est calculé afin de comparer les résultats obtenus avec des ions de nature différente : $^{6}Li^{+}$ et $^{7}Li^{+}$ pour cette expérience, $^{22}Na^{+}$ et $^{24}Na^{+}$ pour deux expériences précédentes. Les valeurs sont indiquées dans le tableau II.

TABLEAU II.

Ions.	Distance parcourue (mm).	Différence des abscisses des centres de gravité (mm).	Différence relative de mobilité $\frac{\Delta v}{v}$.	$\mu = \frac{\frac{\Delta v}{v}}{\frac{\Delta m}{m}}$.
$^{22}Na^{+}$ — $^{24}Na^{+}$	750	1,8	0,0024	0,027
	2 800 (7)	5,2	0,0019	0,021
$^{6}Li^{+}$ — $^{7}Li^{+}$	560	2,1	0,0038	0,024

Pour ^{6}Li et ^{7}Li, comme pour ^{22}Na et ^{24}Na, la différence relative de mobilité en solution aqueuse est nettement inférieure à celle observée par ailleurs dans le mélange $NO_3Na—NO_3K$ fondu : 0,03 pour le lithium, 0,01 pour le sodium (4), (5). Ce résultat est généralement attribué à l'hydratation des ions dissous. Il est intéressant de remarquer ici que l'effet isotopique μ est approximativement le même pour le sodium et le lithium, alors que l'hydratation des ions lithium apparaît bien supérieure à celle des ions sodium dans les divers phénomènes physico-chimiques où elle se manifeste.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) A. KLEMM, *Z. Naturforsch*, 2 *a*, 1947, p. 9.

(2) M. CHEMLA et P. SUE, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2397.

(3) A. KLEMM, *Z. Naturforsch*, 8 *a*, 1953, p. 397.

(4) M. CHEMLA et A. BONNIN, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1288.

(5) M. CHEMLA, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1450.

(6) A. K. BREWER, S. L. MADORSKY et al., *J. Research Nat. Bur. Standards*, 38, 1947, p. 137.

(7) A. BONNIN, M. CHEMLA et P. SUE, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 40.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la mise en évidence d'un effet Kirkendall dans la diffusion uranium-zirconium en phase γ*. Note (*) de MM. **YVES ADDA, JEAN PHILIBERT** et **CLAUDE MAIRY**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons mis en évidence l'existence d'un effet Kirkendall très prononcé dans la diffusion U—Zr en phase γ (cubique centrée). Le déplacement de repères disposés à l'interface initial a été étudié en fonction de la température et de la durée de diffusion. Les coefficients de diffusion intrinsèques de U et Zr ont été déterminés par les relations de Darken.

La formation de porosités au cours de la diffusion U—Zr (*fig*. 1) nous avait

suggéré l'existence d'un effet Kirkendall [1], [2] aux températures où ces deux métaux sont miscibles en toutes proportions et forment une phase cubique centrée. Ce phénomène peut être mis en évidence [3] en disposant une mince

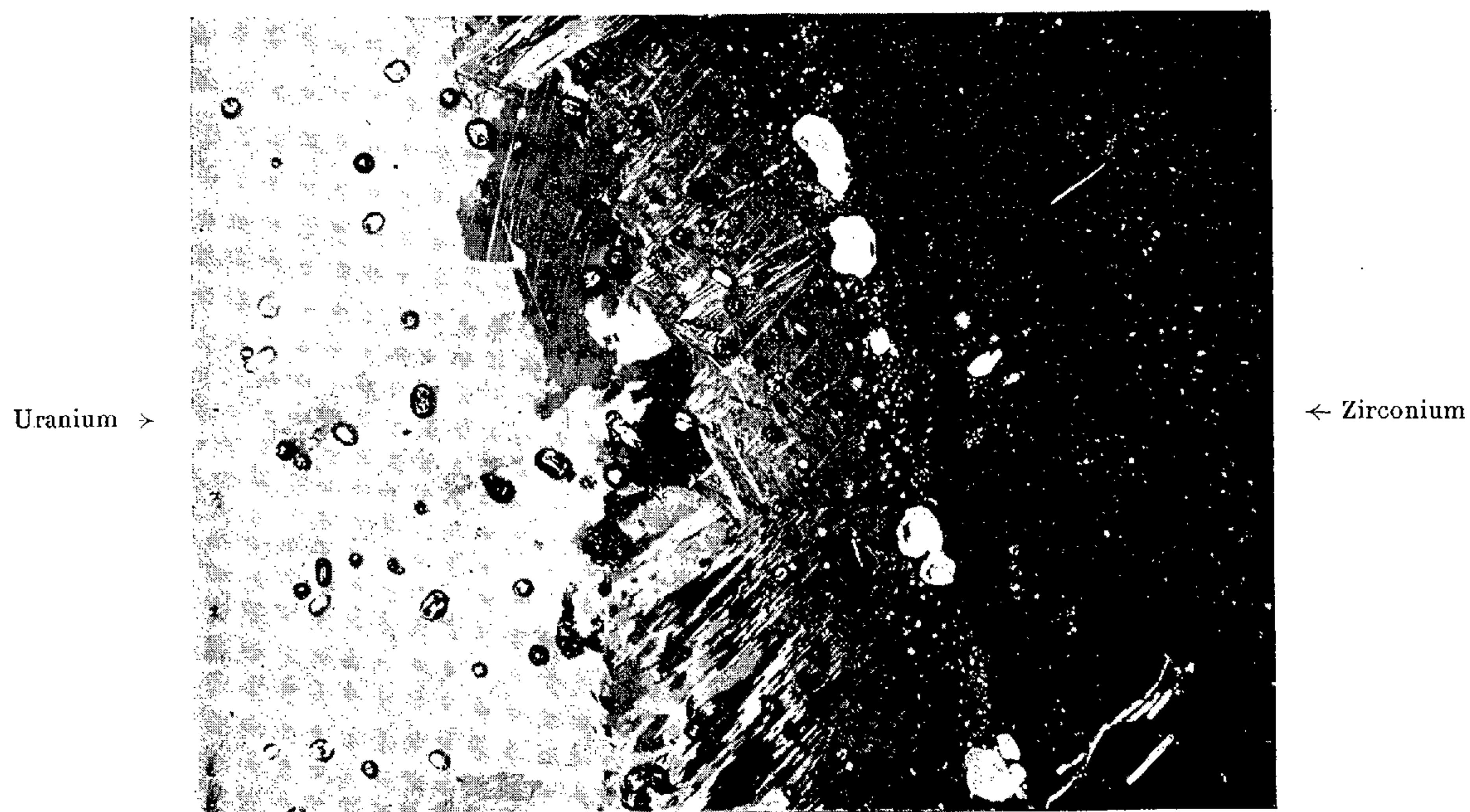


Fig. 1. — Grossissement × 100.



Fig. 2. — Grossissement × 250.

feuille de tungstène (de 10 à 20 μ) entre les deux plaquettes d'uranium et de zirconium; les extrémités libres de cette feuille jouent le rôle de repères inertes et se déplacent vers le métal qui diffuse le plus rapidement, d'où la courbure observée micrographiquement (*fig.* 2).

La mesure du déplacement de l'interface exige de repérer les positions de cet interface avant et après diffusion : la première est matérialisée par une mince feuille de tungstène ou une légère couche d'oxyde formée par oxydation localisée de l'uranium avant soudure ([4]); la seconde est repérée grâce à quelques particules d'oxyde où par des fils de tungstène (diamètre de quelques microns).

Après les traitements de diffusion (températures comprises entre 950 et 1075°C, pression inférieure à 10^{-5} mm Hg), les échantillons sont sectionnés perpendiculairement au front de diffusion et polis à la poudre de diamant. Les déplacements x_i de l'interface sont mesurés au microscope à quelques microns près; ils varient proportionnellement à la racine carrée de la durée de diffusion t (*fig.* 3).

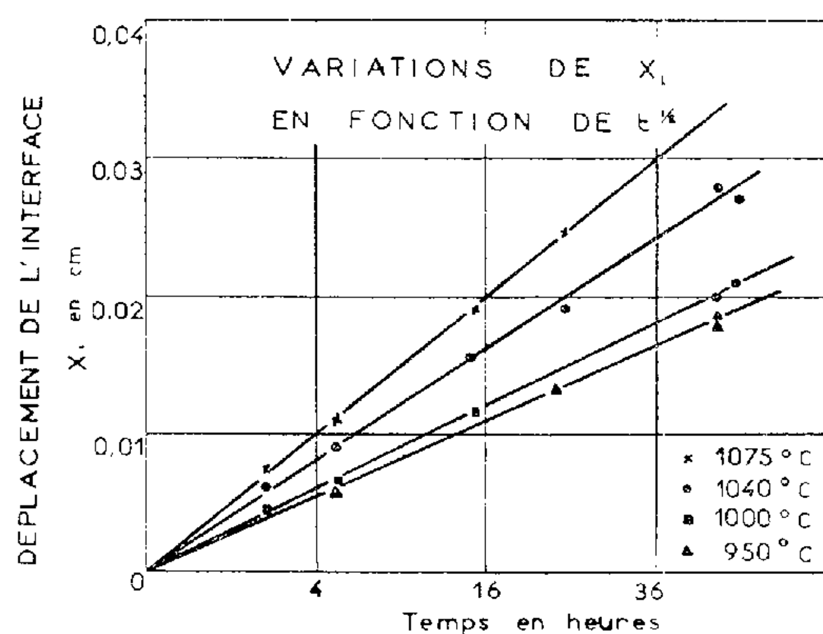


Fig. 3.

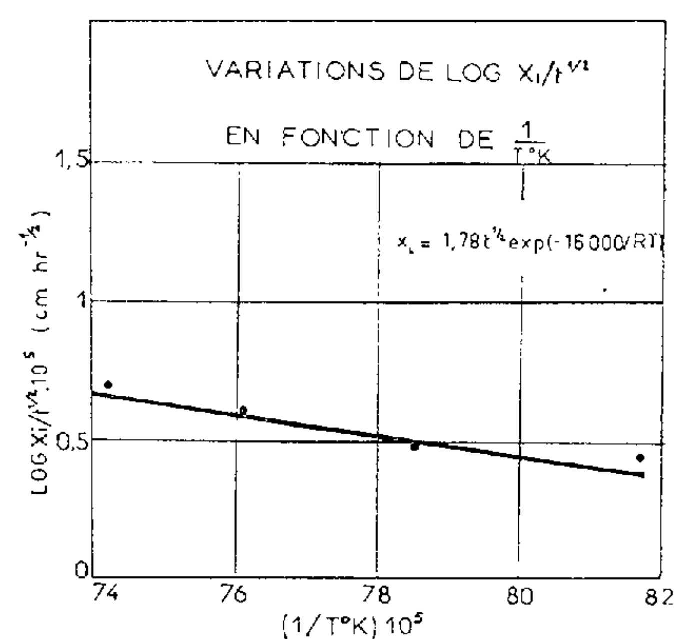


Fig. 4.

En désignant par T la température de diffusion exprimée en degrés Kelvin, on observe (*fig.* 4) que $\log(x_i/t^{1/2})$ varie linéairement avec $1/T$; on peut donc exprimer le déplacement x_i sous la forme :

$$x_i = 1,78\, t^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{16\,000}{RT}\right). \tag{1}$$

Cette équation permet de déterminer la vitesse de déplacement de l'interface

$$V = \frac{x_i}{2t}.$$

Connaissant d'autre part le coefficient de diffusion chimique $\tilde{D}$ et les concentrations molaires N_U et N_{Zr} correspondant à la position de l'interface au temps

t (4); on peut calculer les coefficients intrinsèques D_U et D_{Zr} au moyen des relations de L. S. Darken (5) :

$$\tilde{D} = N_U D_{Zr} + N_{Zr} D_U, \tag{2}$$

$$V = (D_U - D_{Zr}) \left(\frac{dN}{dx}\right). \tag{3}$$

Les résultats de ce calcul sont donnés dans le tableau ci-dessous et représentés par la figure 5.

Température (°C).	950.	1 000.	1 040.	1 075.
N_U......	0,875	0,885	0,89	0,905
N_{Zr}......	0,125	0,115	0,11	0,095
D_U......	$7,7.10^{-9}$	$1,6.10^{-8}$	$2,1.10^{-8}$	$3,7.10^{-8}$
D_{Zr}......	$6,5.10^{-10}$	$1,0.10^{-9}$	$2,3.10^{-9}$	$2,9.10^{-9}$

On voit que la concentration molaire à l'interface varie légèrement avec la température. On ne peut donc pas calculer rigoureusement les énergies d'acti-

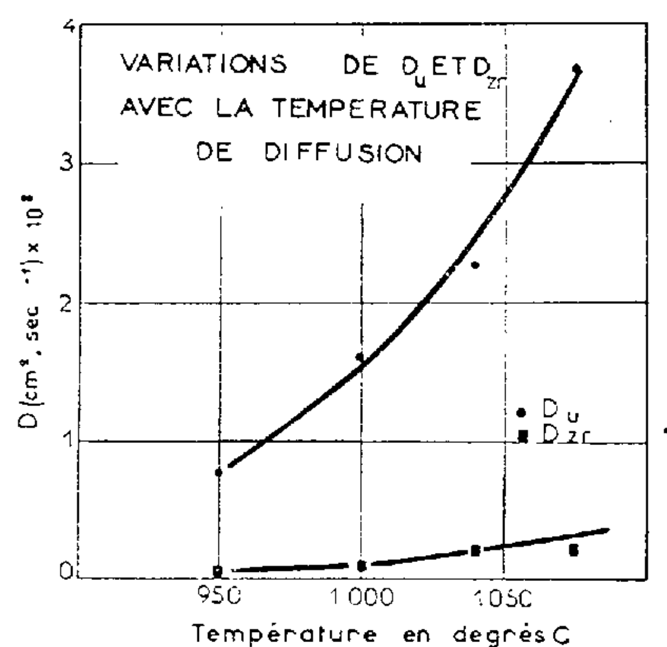


Fig. 5.

vation pour la diffusion de l'uranium et du zirconium. En prenant pour $\tilde{D}$, des valeurs correspondant à une concentration moyenne $N_U = 0,89$, on constate que ces énergies d'activation sont du même ordre de grandeur et comprises entre 35 et 40 kcal/mole.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) A. D. Simgelskas et E. O. Kirkendall, *Trans. A. I. M. E.*, 171, 1947, p. 130.

(2) F. Seitz, *Acta Met.*, 1, 1953, p. 355.

(3) L. C. Correa Da Silva et R. F. Mehl, *Trans. A. I. M. E.*, 191, 1951, p. 155.

(4) Y. Adda et J. Philibert, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 3081.

(5) *Trans. A. I. M. E.*, 175, 1948, p. 184.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Diffusion anormale des rayons X au cours de la précipitation dans un alliage à base de nickel contenant 7 % de silicium.* Note (*) de M. **Jack Manenc**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Un alliage de nickel à 7 % de silicium montre, au début de la précipitation, de la diffusion anormale des rayons X. Ce stade de préprécipitation est comparable à celui déjà trouvé pour d'autres alliages à base de nickel et en particulier pour le nickel-chrome 80/20 durci avec de l'aluminium et du titane.

Nous avons donné précédemment les résultats de nos études sur l'évolution structurale d'alliages de nickel durcis avec de l'aluminium et du titane ([1]). Nous avions trouvé pour l'alliage industriel Ni-Cr 80/20 une diffusion anormale des rayons X sous forme de nœuds satellites analogues à ceux qui apparaissent au cours du vieillissement des alliages Cu, Fe, Ni ([2]), mais de forme légèrement différente. Pour l'alliage binaire Ni-Al 7 %, au contraire, la forme en plaquettes des précipités, l'existence et la position des nœuds satellites auprès des taches de Bragg, ont indiqué une évolution semblable à ce dernier alliage. De plus la structure intermédiaire est aussi quadratique tant pour la phase qui précipite que pour la matrice en cours d'appauvrissement. Pour généraliser ces résultats, nous avons cherché à mettre en évidence le même phénomène dans un alliage binaire nickel — 7 % de silicium. Pour un tel alliage l'état d'équilibre au-dessous de 950° est caractérisé par la présence de deux phases cubiques à faces centrées, l'une la matrice solution solide de silicium dans le nickel, l'autre le composé défini Ni_3Si ordonné à toute température inférieure à 1040° C.

Les paramètres sont peu différents et respectivement égaux à $a_0 = 3,51$ kX et à $a = 3,50$ kX.

Nos échantillons ont été élaborés par fusion sous vide puis, après traitement d'homogénéisation par laminage et recuit prolongé, trempés à l'eau à partir de 1080°. Les diagrammes de rayons X, Debye-Scherrer et cristal tournant ne décèlent alors aucune précipitation. Nous avons procédé à des revenus isothermes à 550, 650, 750 et 850° C.

A 550°, dès 20 h apparaissent sur les diagrammes de Debye-Scherrer des raies satellites de part et d'autre de la matrice. De même à 650° dès une demi-heure; la figure 1 montre les taches de Bragg (200) et (111) pour un maintien d'une heure à 650°. Les premières sont bordées d'une paire de nœuds satellites dont la direction est celle du centre et les dimensions supérieures à celle de la tache centrale.

Par contre, les taches (111) sont bordées de deux taches de diffusion de taille un peu différente l'une de l'autre et en forme de secteur circulaire. La diffusion est nulle sur un plan passant par le nœud de la matrice et perpendiculaire à la direction du centre du réseau réciproque.

Lorsque le vieillissement est poursuivi, par exemple 5 h à 650° les satellites se rapprochent du nœud et s'intensifient comme pour les autres alliages par suite du grossissement des domaines. On remarque pour certains cristaux un renforcement local sur les secteurs de diffusion des taches (111) au voisinage des axes [100].

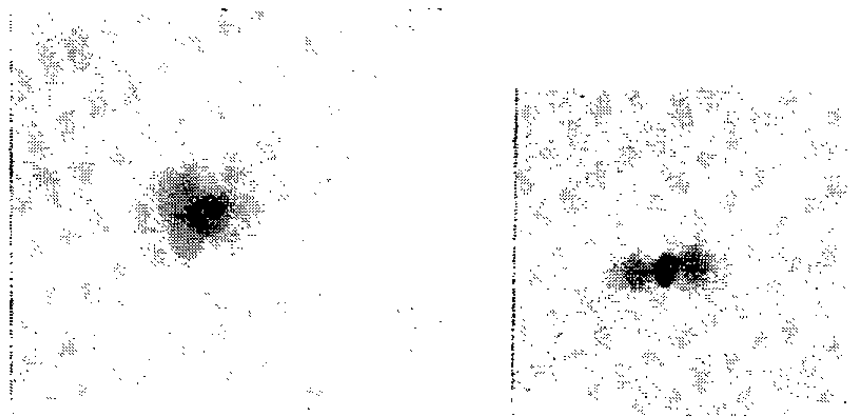


Fig. 1. — *a*. Tache de Bragg (111) cristal oscillant (× 4); *b*. (200)(× 4). Rayonnement du cuivre. Distance échantillon-film 18 cm.

Pour des durées très longues à 650° ou à plus haute température les taches de diffraction normale des phases sont visibles mais avec pour la matrice une structure très légèrement quadratique, semble-t-il.

Pour 65 h à 850° la séparation des phases est très nette et l'examen microscopique possible.

La figure 2 montre l'aspect des précipités pour un tel vieillissement. Les

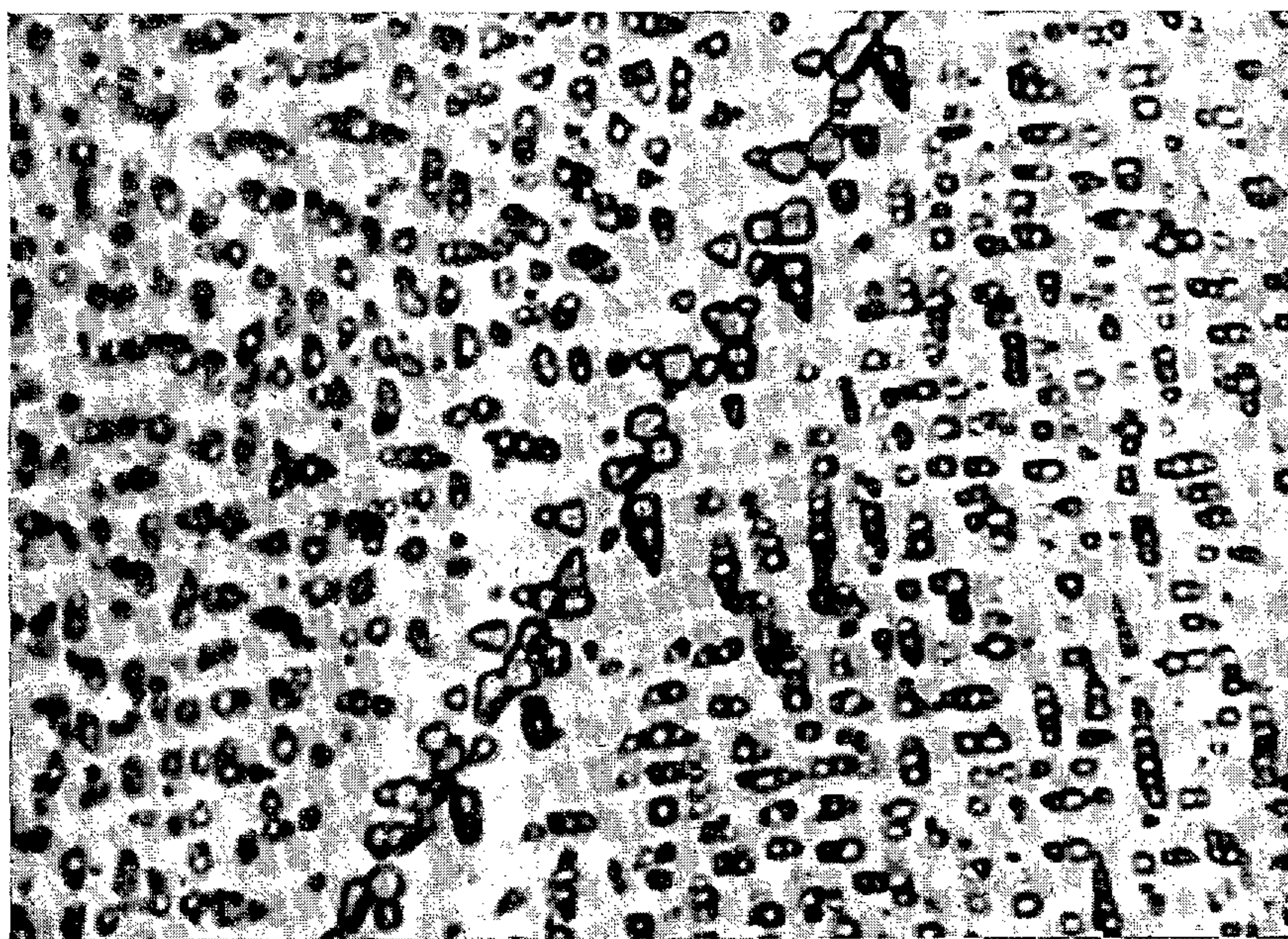


Fig. 2. — Aspect micrographique de la précipitation après vieillissement de 65 h à 850° C. (× 3000).

micrographies sont dues à M[me] Ch. Buckle. On retrouve l'aspect micrographique du Ni-Cr 80/20 durci avec de l'aluminium et du titane. Les précipités ont une forme qui paraît cubique. On note aussi la réunion des précipités en chapelets suivant les directions [100]. La forme en plaquette donnerait un aspect différent.

Ces résultats expérimentaux appellent plusieurs remarques :

La similitude des manifestations, de la précipitation entre l'alliage 80/20 et celui-ci, est frappante. La diffusion anormale qui caractérise le début de précipitation dans les deux alliages a le même aspect. Les micrographies sont très ressemblantes lorsque les précipités sont visibles.

La dissymétrie de la diffusion par rapport à la tache centrale (111) déjà signalée pour le Ni-Cr 80/20 se retrouve, mais est dans le sens inverse du fait des dimensions relatives des paramètres : la diffusion est plus ramassée du côté des grands angles de Bragg.

Il faut rapprocher aussi ces résultats des calculs de K. Huang (3) et W. Cochran (4) qui ont montré que pour un atome de grande taille inséré dans une matrice composée d'atomes plus petits, la diffusion devrait être nulle sur le plan normal à la direction du centre et passant par le nœud. Dans le cas des alliages étudiés, nous aurions un phénomène intermédiaire et l'intensification locale de la diffusion pourrait être attribuée à la forme et peut-être à ces chapelets visibles sur les micrographies.

Enfin le précipité entouré de la zone appauvrie en silicium donne une diffusion qui se rapproche d'autant plus des taches de Bragg que l'ensemble est plus volumineux. Dans le cas du Ni-Si 7 % la cohérence avec le réseau de la matrice se maintient plus longtemps que pour les autres alliages, parce que les deux réseaux orientés de la même façon ont une très faible différence de paramètre.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) J. Manenc, *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 1817; **240**, 1955, p. 2413; **242**, 1956, p. 2344.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A **181**, 1943, p. 368.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, A **190**, 1947, p. 102.

(4) *Acta Cryst.*, **9**, part. 3, 1956, p. 259.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La (naphto-α, β)-2.3 tropone.* Note (*) de MM. **Sylvestre Julia, Yannik Bonnet** et **Wilfried Schaeppi**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note expose la préparation de la (naphto-α, β)-2.3 tropone (VI*a*) en six étapes à partir du cétoester (I) récemment obtenu par des auteurs indiens (1). Les méthodes employées sont les mêmes que celles publiées dans deux Notes antérieures (2).

Le cétoester (I), λ_m 254 mμ (4,73) et 286 mμ (4,06) ([3]), cétalisé par l'orthoformiate d'éthyle puis réduit par $LiAlH_4$ donne après hydrolyse acide le cétol (II), F 131° ($C_{15}H_{14}O_2$, trouvé %, C 79,2; H 6,5), λ_m 254 mμ (4,76) et 286 mμ (4,06) dont la courbe d'absorption à l'ultraviolet se confond presque avec celle du cétoester initial. Les principaux maxima sont les mêmes que ceux déjà observés au sujet du céto-1 tétrahydro-1.2.3.4 phénanthrène ([4]). Le cétoester (I) est réduit par $LiAlH_4$ en diol correspondant

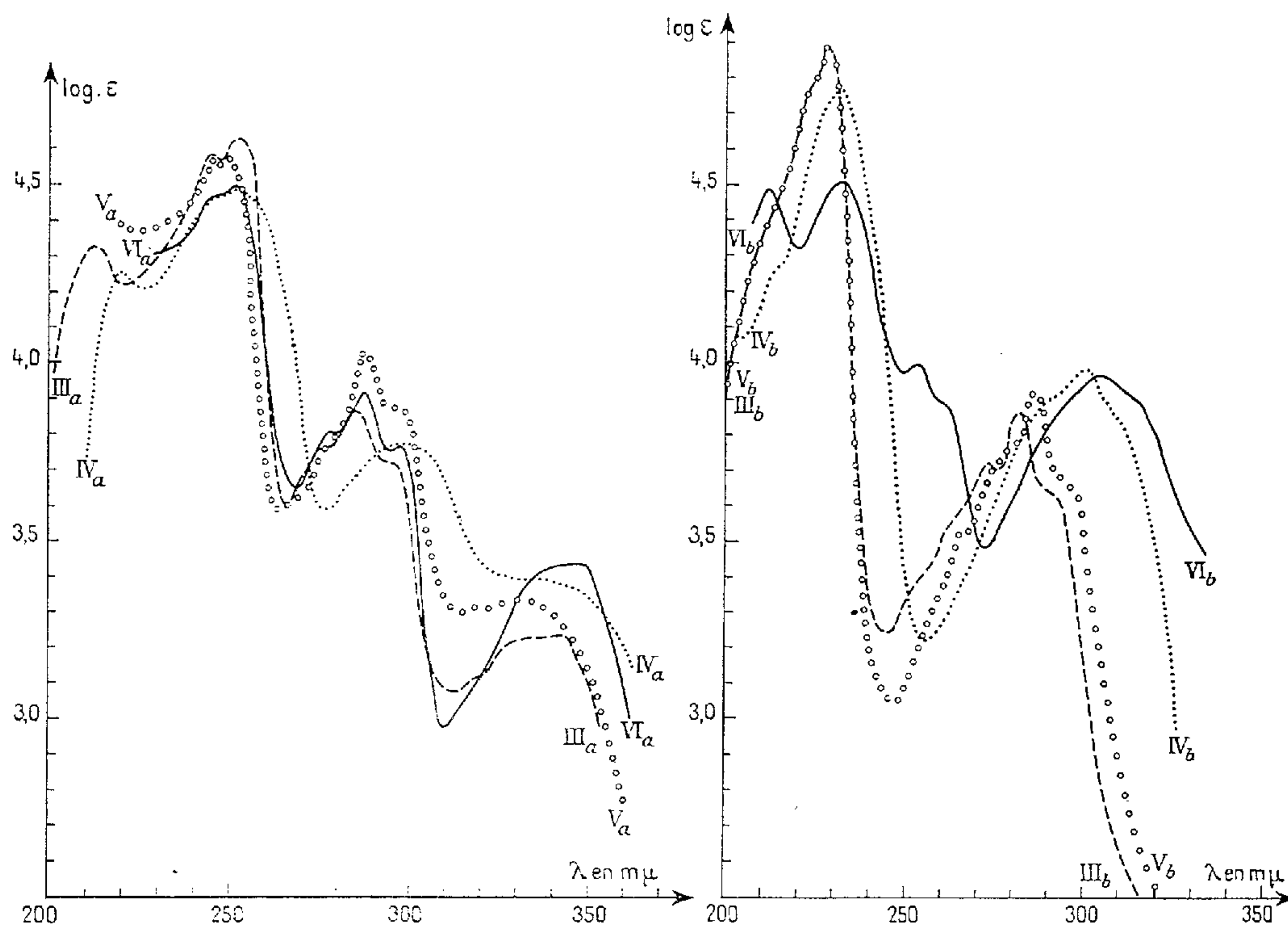
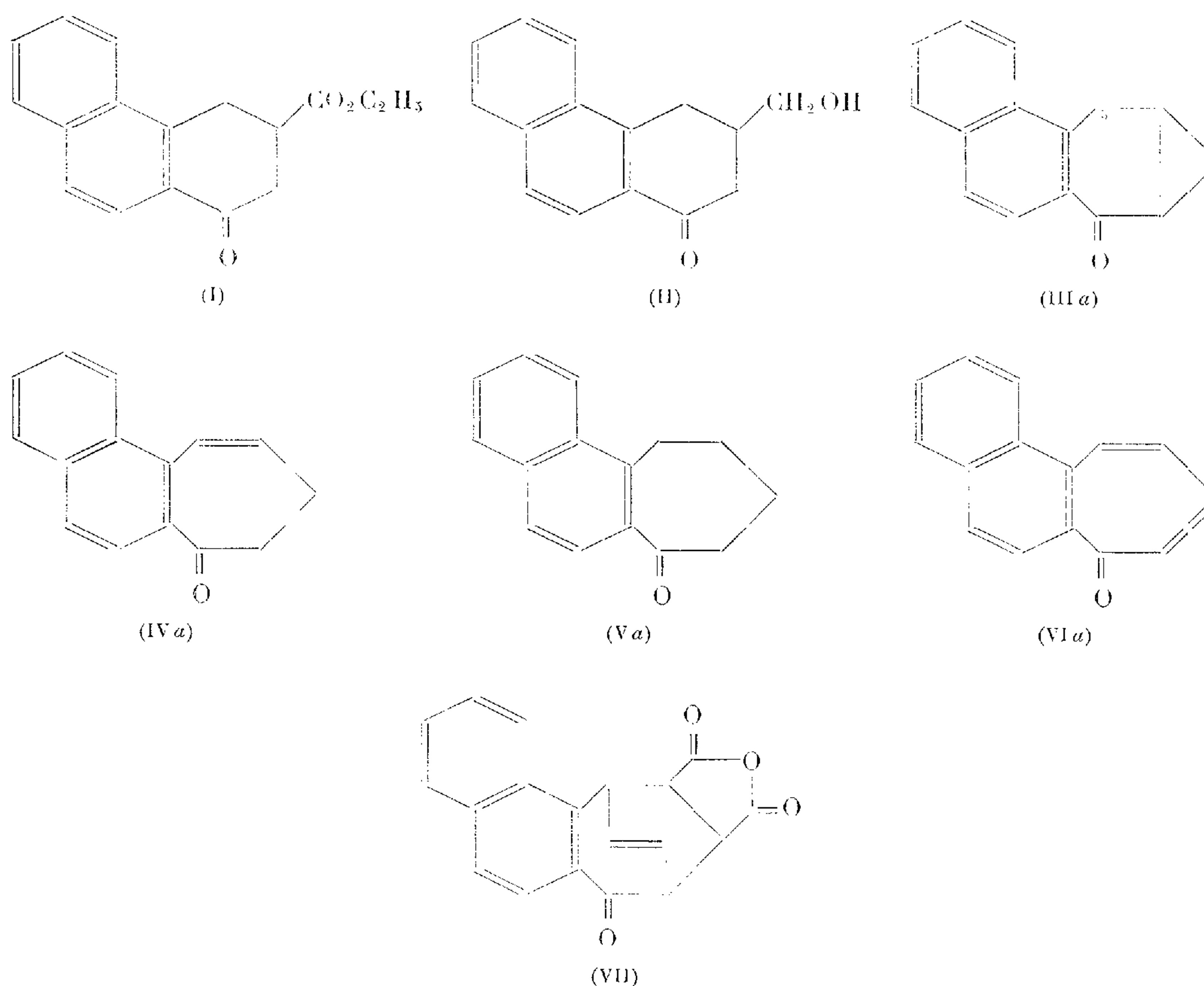


Fig. 1. Fig. 2.

$C_{15}H_{16}O_2$ (trouvé %, C 79,6; H 7,3), F 160° lequel est sélectivement oxydé par MnO_2 en un cétol (II) identique à celui obtenu plus haut. Le cétotosylate correspondant $C_{22}H_{20}O_4S$ (trouvé %, C 69,3; H 5,5) F 145° est cyclisé par le méthylate de sodium en naphtobicyclo-(0.1.4) hepténone (III*a*) $C_{15}H_{12}O$ (trouvé %, C 86,2; H 5,8) F 91°, λ_m 252 mμ (4,62) et 286 mμ (3,86); oxime F 174°; semicarbazone F 222°; 2.4-DNP, rouge F 280°. La cétone (III*a*) est réduite par BKH_4 en naphtobicyclo-(0.1.4) heptenol (III*b*) $C_{15}H_{14}O$ (trouvé %, C 85,1; H 6,7) F 108°, λ_m 229 mμ (4,88) et 282 mμ (3,86). La cétone cyclopropanique (III*a*) est facilement isomérisée par le diméthylbenzylate tertiaire de sodium ([5]) en naphtocycloheptadienone (IV*a*) $C_{15}H_{12}O$ (trouvé %, C 86,2; H 5,8) F 70°, λ_m 252 mμ (4,48) et 298 mμ (3,77); 2.4-DNP orange F 243°. Ce réarrangement montre que la vinylogie reste

possible à travers le noyau naphtalénique pour permettre l'arrachement d'un proton en position 5 et provoquer une réaction intramoléculaire inverse de Michael.

Les deux isomérisations opérées avec succès sur les naphto- et benzo-bicyclo-(o.1.4) hepténones rendent vraisemblables les bicyclo-(o.1.4) hepténones alicycliques envisagées depuis longtemps comme intermédiaires éventuels dans le passage du bromhydrate de carvone à l'eucarvone et récemment soulignées par E. E. van Tamelen et G. T. Hildahl (6) dans une synthèse de la cycloheptadiénone. Les réarrangements en question et quelques-uns des exemples cités par ces derniers auteurs nous paraissent entrer dans le cadre général des réactions inverses de Michael avec ou sans vinylogie (7).



La réduction de la cétone (IV*a*) par BKH_4 conduit au naphtocycloheptadienol (IV*b*) $C_{15}H_{14}O$ (trouvé %, C 85,3; H 6,7) F 118°, λ_m 232 mμ (4,76) et 300 mμ (3,97), dont la courbe d'absorption à l'ultraviolet comparée à celle du naphtobicyclo-(o.1.4) heptenol, met en évidence un déplacement bathochromique des maxima dû à la conjugaison supplémentaire de la double liaison.

La naphtocycloheptadienone (IV*a*) est hydrogénée en présence de palladium sur carbonate de calcium en naphtocycloheptenone (V*a*) $C_{15}H_{14}O$ (trouvé %, C 85,4; H 6,8) F 62°, λ_m 246 mμ, 251 mμ (4,56) et 287 mμ (4,02); semicarbazone F 244°; 2.4-DNP orange F 235°. Cette cétone et ses dérivés sont identiques à ceux obtenus récemment à l'aide d'une autre méthode par R. Huisgen et U. Rietz [8]. La cétone (V*a*) est réduite par BKH_4 en naphtocycloheptenol (V*b*) $C_{15}H_{16}O$ (trouvé %, C 84,6; H 7,7) F 105°, λ_m 230 mμ (4,85) et 286 mμ (3,91).

Des auteurs suisses [9] et hollandais [10] ont récemment attiré l'attention sur l'emploi avantageux de l'oxyde de sélénium dans certaines conditions pour déshydrogéner les céto-3 stéroïdes en dien-1.4 ones correspondantes. Par cette méthode, nous avons transformé la cétone (IV*a*) en (naphto-α, β)-2.3 tropone (VI*a*) (Rdt 50 %) $C_{15}H_{10}O$ (trouvé %, C 86,6; H 4,8) prismes jaune F 95°, λ_m 252 mμ (4,49) et 288 mμ (3,91); 2.4-DNP orange-rouge F 285°; picrate ocre F 112°. Cette naphtotropone est l'analogue naphtalénique de la benzo-2.3 tropone récemment obtenue selon une méthode différente par H. H. Rennhard, E. Heilbronner et A. Eschenmoser [11]. La naphtotropone (VI*a*) donne facilement avec l'anhydride maléique un composé d'addition ayant vraisemblablement la structure (VII) $C_{19}H_{12}O_4$ (trouvé %, C 75,0; H 4,2) F 185°, λ_m 252, 256 mμ (4,56) et 294 mμ (3,88).

La cétone (VI*a*) est réduite par $LiAlH_4$ en naphtotropol, aiguilles blanches F 112°, instable et jaunissant rapidement. Malgré cela le spectre ultraviolet déterminé rapidement a montré λ_m 233 mμ (4,5) et 305 mμ (3,96).

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) J. C. BARDHAN, D. NASIPURI et R. N. ADHYA, *J. Chem. Soc.*, 1956, p. 355.

(2) S. JULIA, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 882; S. JULIA et Y. BONNET, *ibid.*, 242, 1956, p. 2725.

(3) Tous les spectres ultraviolets ont été déterminés en solution dans l'alcool. Les logarithmes sont indiqués entre parenthèses.

(4) Mme P. RAMART-LUCAS et J. HOCH, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 422.

(5) M. JULIA, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 280.

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 4405; 75, 1953, p. 5451.

(7) S. A. JULIA, A. ESCHENMOSER, H. HEUSSER et N. TARKOY, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 1885.

(8) R. HUISGEN, *Angew. Chemie*, 67, 1955, p. 757; U. RIETZ, travail de diplôme, Université de Munich, 1953. M. R. Huisgen a bien voulu nous communiquer avant publication détaillée les constantes de ces substances et nous envoyer les échantillons ayant permis de vérifier l'identité.

(9) Ch. MEYSTRE, H. FREY, W. VOSER et A. WETTSTEIN, *Helv. Chim. Acta*, 39, 1956, p. 734.

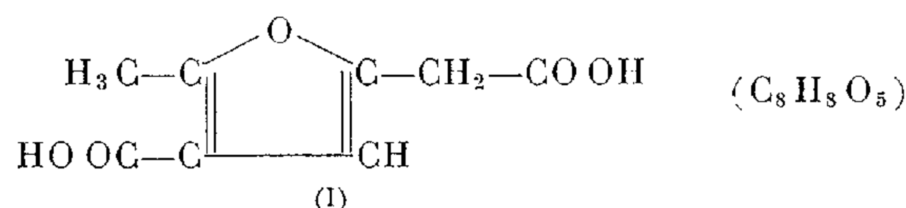
(10) S. A. SZPILFOGEL, T. A. P. POSTHUMUS, M. S. de WINTER et D. A. VAN DORP, *Rec. Trav. Chim. Pays Bas*, 75, 1956, p. 475.

(11) *Chemistry and Industry*, 1955, p. 415.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du glyoxal avec l'ester acétylacétique.* Note de MM. **Henry Gault, Mohamed Selim** et Mme **Marguerite Selim-Dorgans**, présentée par M. Marcel Delépine.

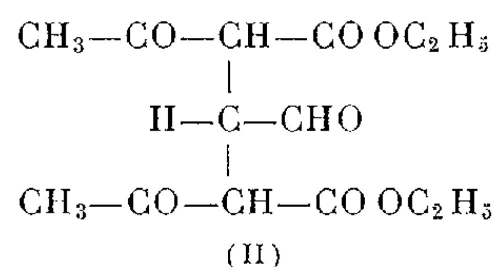
L'objet de cette Note est d'exposer les premiers résultats des recherches que nous avons entreprises sur la condensation du glyoxal avec l'ester acétylacétique. Cette réaction ayant déjà donné lieu à quelques travaux, en particulier ceux de M. Polonowsky [1] et de E. West [2], nous avons été amenés à reviser et à compléter les indications mentionnées par ces auteurs.

M. Polonowsky a effectué la condensation glyoxal-ester acétylacétique en présence de chlorure de zinc et, au cours de traitements ultérieurs, a pu isoler un produit cristallisé (F 207°) auquel il a attribué la constitution suivante qui est celle de l'acide méthronique :



(I)

E. West, opérant dans des conditions différentes, en fait en milieu légèrement alcalin (hydroxyde de sodium), a obtenu un produit solide (F non corrigé 109-110°) de formule brute $C_{14}H_{20}O_7$ qu'il a envisagé comme un ester formylméthylène-*bis*-acétylacétique :



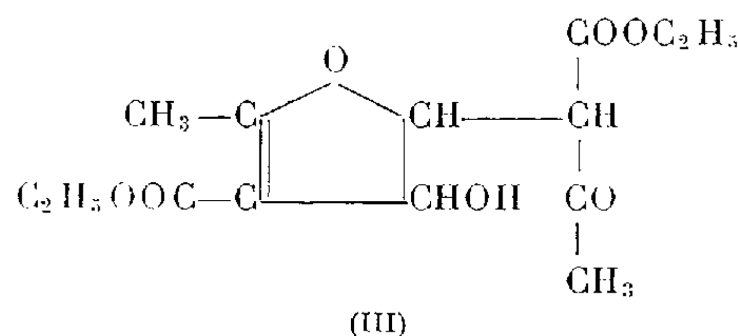
(II)

Nous avons repris la technique de West en la modifiant sur certains points et nous décrivons ci-après le mode opératoire auquel nous nous sommes arrêtés.

On ajoute lentement à l'ester acétylacétique (2 mol) une solution aqueuse de glyoxal (1 mol) (solution à 30 % de glyoxal préalablement neutralisée par une solution aqueuse de carbonate de sodium). La température du mélange réactionnel est maintenue au-dessous de 20° et le pH légèrement supérieur à 7. On agite fréquemment pour favoriser le contact des deux couches aqueuse et huileuse. Au bout de 24 h, on observe la formation d'un précipité au sein d'une huile colorée. On essore le précipité, on le broie et le lave à l'alcool (F 121° après recristallisation dans l'alcool).

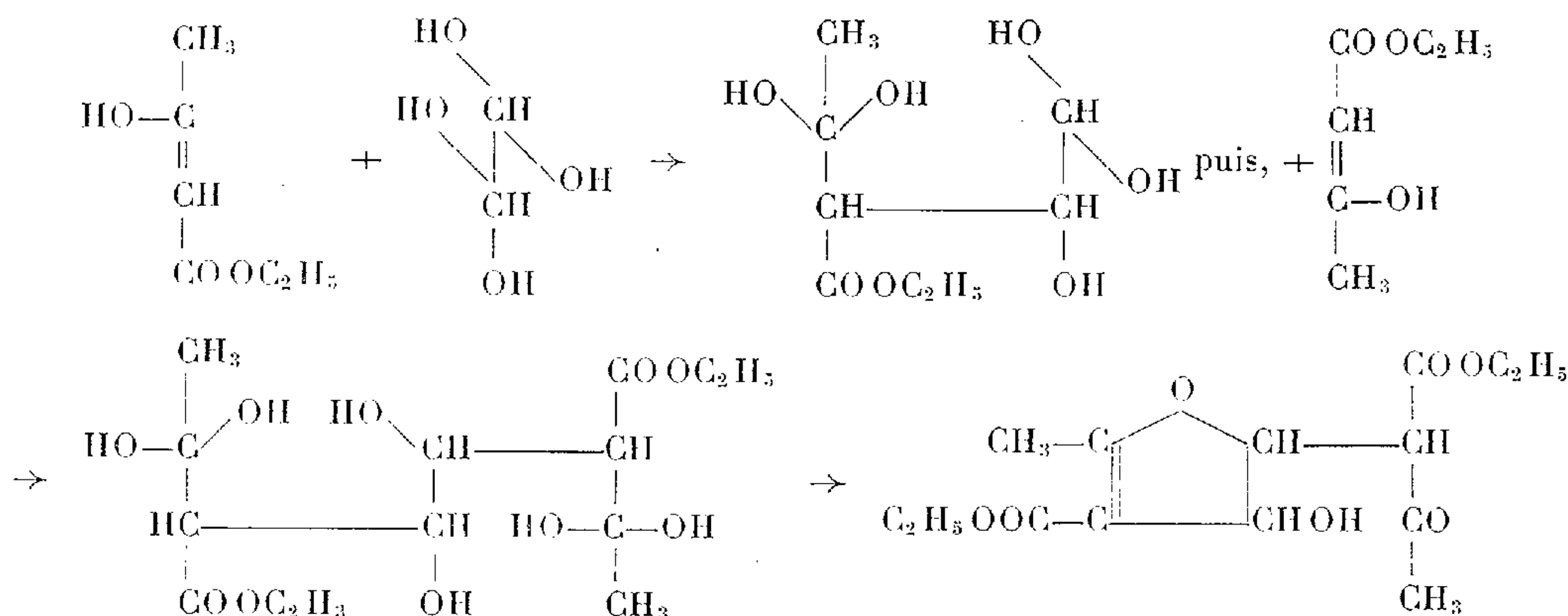
Formule brute : $C_{14}H_{20}O_7$. Rendement de transformation 40 %. Rendement par rapport à la théorie : 50 %.

Contrairement aux indications de West, nous sommes conduits à attribuer à ce composé la formule



(III)

dont nous expliquons la formation par le schéma réactionnel suivant :



On conçoit que Polonowsky qui effectuait la condensation glyoxal ester acétylacétique en présence de chlorure de zinc, n'ait pas obtenu ce produit intermédiaire de condensation mais en fait, au stade final, l'acide méthronique (I). La structure furannique du composé (III) a été confirmée par spectrographie infrarouge.

Nous poursuivons l'étude chimique de ce composé.

(1) *Ann.*, 246, 1888, p. 1.
(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 47, II, 1925, p. 2780.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques iodocoumarines nouvelles*. Note de **MM. N. P. Buu-Hoï, T. Ba Loc** et **N. Dat Xuong**, présentée par M. Marcel Delépine.

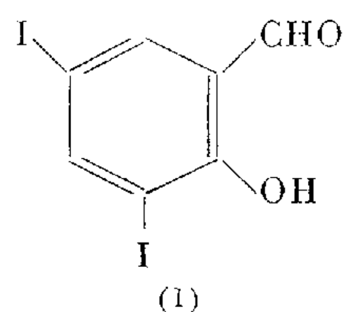
A partir de l'aldéhyde diiodosalicylique et de l'orthovanilline iodée, on a effectué la synthèse d'une série de coumarines iodées nouvelles, portant dans leurs molécules des groupements fonctionnels variés (groupements acide, amide, ester, cétone); ces corps ont été préparés en vue d'un examen de leurs propriétés biologiques, en particulier de la possibilité de les utiliser comme opacifiants pour la radiologie.

Le noyau coumarine est intéressant en pharmacologie, non seulement par

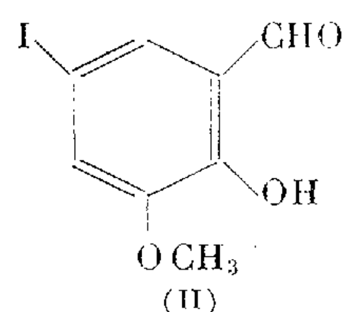
sa présence dans la molécule de nombreux composés naturels doués d'activité biologique, mais aussi parce que la coumarine elle-même et plusieurs de ses dérivés simples (acide coumarine-3 carboxylique et amides correspondants) possèdent une action sédative et hypnotique bien connue ([1]); d'autres effets biologiques exercés par la coumarine, tels que l'action sur la croissance de certains tissus végétaux, ont également été décrits ([2]). Par contre, les propriétés des coumarines halogénées n'ont pas encore été étudiées, et en particulier, du groupe des coumarines iodées, on ne connaissait jusqu'à présent que de très rares représentants, tels que la diiodo-6.8 coumarine, que Seidel a préparée ([3]) à partir de l'aldéhyde diiodo-3.5 salicylique au moyen de la réaction de Perkin.

Nous avons ainsi été amenés à effectuer la synthèse d'un certain nombre de coumarines iodées nouvelles, portant dans leurs molécules divers groupements fonctionnels (radicaux acide, amide, ester, cétone), ces composés devant servir à une recherche biologique ultérieure, en particulier dans le domaine des possibilités de leur utilisation comme opacifiants pour les examens radiologiques.

Les matières premières utilisées dans nos synthèses sont, d'une part, l'aldéhyde diiodo-3.5 salicylique (I) et, d'autre part, *l'aldéhyde iodo-5 méthoxy-3 salicylique* (II); ce dernier corps est nouveau, et nous l'avons



(I)

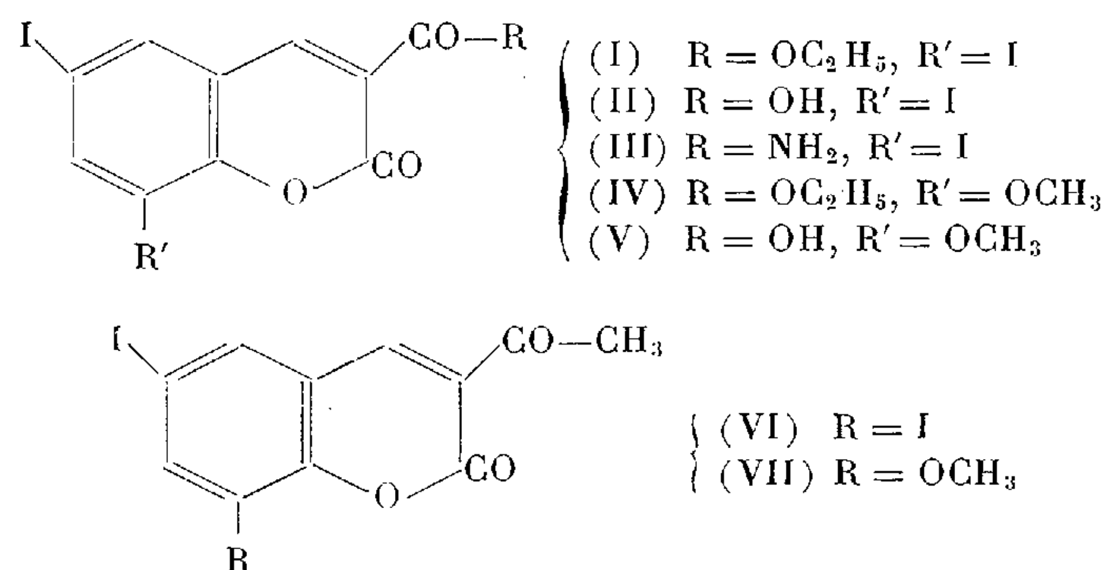


(II)

préparé en faisant agir sur l'orthovanilline, de l'iode (en léger excès) en présence d'oxyde jaune de mercure, et en milieu éthanolique. L'aldéhyde (II), ainsi obtenu avec de bons rendements, cristallise du méthanol aqueux en fines aiguilles jaune pâle F 130° ($C_8H_7O_3I$, calculé %, C 34,5 et H 2,5; trouvé %, C 34,2 et H 2,4); sa *thiosemicarbazone* cristallise de l'éthanol en fines aiguilles F 273° ($C_9H_{10}O_2N_3SI$, calculé %, N 12,0; trouvé %, N 11,7).

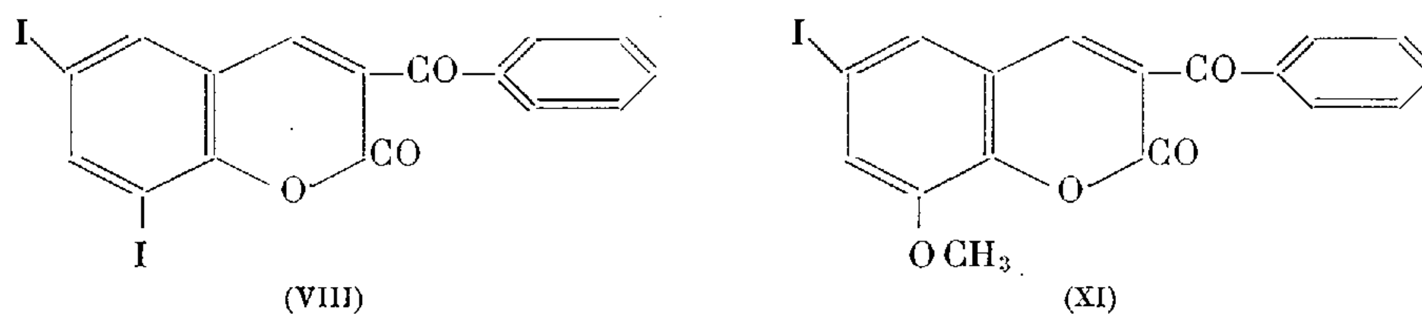
a. La condensation de l'aldéhyde diiodo-3.5 salicylique sur le malonate d'éthyle en présence de traces de pipéridine (réaction dite de Knoevenagel) nous a fourni le *diiodo-6.8 coumarine-3 carboxylate d'éthyle* (I), avec des rendements de 95 %; ce composé cristallise d'un mélange d'éthanol et de benzène en paillettes nacrées, incolores, F 185° ($C_{12}H_8O_4I_2$, calculé %, C 30,6 et H 1,7; trouvé %, C 30,7 et H 1,7). La saponification de cet ester fournit *l'acide diiodo-6.8 coumarine-3 carboxylique* (II), cristallisant de l'acide acétique en aiguilles incolores, F 241° ($C_{10}H_4O_4I_2$, calculé %, C 26,5 et H 0,9; trouvé %, C 26,3 et H 1,1), et qui est décarboxylé, par chauffage au-dessus de son point de fusion, en diiodo-6.8 coumarine F 193°. *L'amide de l'acide*

diiodo-6.8 *coumarine*-3 *carboxylique* (III), préparée en faisant réagir un grand excès d'ammoniaque concentrée et glacée sur le chlorure d'acide (obtenu en traitant l'acide sec par $SOCl_2$), cristallise de l'éthanol en prismes incolores, brillants, F 291° ($C_{10}H_5O_3NI$, calculé %, C 27,2 et H 1,1; trouvé %, C 27,5 et H 1,2).



b. De façon analogue, la réaction de Knoevenagel, effectuée avec l'aldéhyde iodo-5 méthoxy-3 salicylique et le malonate d'éthyle, nous a conduit, avec des rendements quantitatifs, à *l'iodo*-6 *méthoxy*-8 *coumarine*-3 *carboxylate d'éthyle* (IV), cristallisant de l'éthanol sous forme d'aiguilles incolores, F 190° ($C_{13}H_{11}O_5I$, calculé %, C 41,7 et H 2,9; trouvé %, C 41,5 et H 3,0); *l'acide iodo*-6 *méthoxy*-8 *coumarine*-3 *carboxylique* (V), obtenu par saponification, cristallise de l'acide acétique en aiguilles incolores, brillantes, F 246° ($C_{11}H_7O_5I$, calculé %, C 38,2 et H 2,0; trouvé %, C 38,1 et H 2,0).

c. Dans une série de synthèses de cétones, nous avons fait réagir les aldéhydes (I) et (II) sur l'acétylacétate d'éthyle en présence de pipéridine ([4]), ce qui nous a conduit aux deux cétones suivantes : *l'acétyl*-3 *diiodo*-6,8 *coumarine* (VI), cristallisant de l'éthanol en prismes incolores, F 257° ($C_{11}H_6O_3I_2$, calculé %, C 30,0 et H 1,4; trouvé %, C 29,8 et H 1,4), et *l'acétyl*-3 *iodo*-6 *méthoxy*-8 *coumarine* (VII), cristallisant de l'éthanol en fines aiguilles incolores, F 247° ($C_{12}H_9O_4I$, calculé %, C 41,9 et H 2,6; trouvé %, C 41,6 et H 2,5), ces deux condensations se faisant avec des rendements de 80 %. Des réactions analogues, effectuées avec le benzoylacétate d'éthyle, nous ont fourni, avec des rendements encore meilleurs, la *benzoyl*-3 *diiodo*-6,8 *coumarine* (VIII),



cristallisant d'un mélange d'éthanol et de benzène en fines aiguilles incolores,

F 250° ($C_{16}H_8O_3I_2$, calculé %, C 38,2 et H 1,6; trouvé %, C 38,5 et H 1,6), et la *benzoyl-3 iodo-6 méthoxy-8 coumarine* (IX), cristallisant de l'éthanol en aiguilles incolores, brillantes, F 228° ($C_{17}H_{11}O_4I$, calculé %, C 50,2 et H 2,7; trouvé %, C 50,0 et H 3,0). Signalons que toutes ces coumarines iodées sont très stables, et se caractérisent par une faculté de cristallisation remarquable.

(1) *Voir*, par exemple, F. VON WERDER, *Merck's Jahresbericht*, 50, 1937, p. 88.

(2) H. VELDSTRA et E. HAVINGA, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 62, 1943, p. 841; R. KUHN et *al.*, Naturwissenschaften, 31, 1943, p. 468.

(3) *J. prakt Chem.*, 59, 1899, p. 122.

(4) *Cf.* E. KNOEVENAGEL, *Ber.*, 31, 1898, p. 732.

GÉOLOGIE. — *Les minéraux argileux des sédiments oligomiocènes du bassin molassique suisse*. Note de M. **JEAN-PIERRE VERNET**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude radiocristallographique des sédiments argileux oligomiocènes du plateau molassique suisse montre une très grande homogénéité des minéraux argileux. La prédominance des apports détritiques sur la néogénèse est particulièrement mise en évidence. L'apparition de la montmorillonite au début du Chattien serait liée à un changement climatique ou à un phénomène géologique important.

Les sédiments oligomiocènes du bassin périalpin suisse sont caractérisés par une très grande variété et complexité des minéraux argileux les composant, et par une homogénéité de ceux-ci dans leurs proportions et leur nature. Aussi la possibilité d'établissement de critères stratigraphiques basés sur eux apparaît comme parfaitement illusoire pour les étages chattien et aquitanien. L'inventaire de ces minéraux argileux est le suivant : argile micacée (apparemment muscovite, parfois illite), kaolinite, montmorillonite, chlorite ferrifère, chlorite, hydrobiotite, kaolinite *sensu stricto*, vermiculite et chlorite gonflante. Les minéraux argileux prédominants sont l'argile micacée et la montmorillonite, quoique cette dernière soit en proportions très variables. Puis viennent la kaolinite et la chlorite, chlorite ferrifère dans la majorité des cas. Les autres minéraux sont des minéraux accessoires qui ne se rencontrent qu'en traces. Donc le schéma de chaque argile est le suivant : les minéraux principaux, toujours présents en plus ou moins fortes proportions, et un ou deux minéraux accessoires en traces.

Si la faune est relativement rare dans ces séries, un certain nombre d'horizons ont livré des mollusques, la plupart du temps accompagnés d'une microfaune d'ostracodes; ainsi, l'appartenance, soit au milieu lacustre, soit au milieu marin ou saumâtre de sédimentation a pu être

établie avec une grande certitude. Or l'étude d'échantillons venant des deux milieux a montré une composition analogue en minéraux argileux. Les seules différences apparues se rapportent à la présence ou l'absence de certains minéraux accessoires et dans les proportions relatives des divers minéraux principaux. Celles-ci sont très faibles et varient avec chaque échantillon; elles sont du même ordre que celles existant entre sédiments d'un même milieu. Il apparaît donc avec certitude que dans cette sédimentation synorogénique, le facteur détritique est nettement dominant. Il est évidemment possible d'admettre que cette sédimentation fut trop rapide pour que l'action du milieu permette une néogénèse des minéraux argileux. Dans ce cas particulier de bassin de faible étendue, bien délimité, au comblement rapide par les apports détritiques d'origine alpine, bassin que la subsidence continue ([1]) maintenait au voisinage de la cote zéro, la néogénèse due au milieu ne joue apparemment aucun rôle. Les nombreux travaux sur les argiles parus ces dernières années montrent que les domaines où la néogénèse des minéraux argileux au cours de la sédimentation intervient, se restreignent singulièrement.

La montmorillonite est le seul minéral de la série susmentionnée qui fasse son apparition au Chattien dans les séries molassiques françaises étudiées par A. Vatan et P. E. Rouge ([2]). Je pense que la présence de montmorillonite peut être expliquée par l'apport détritique alpin. L'étude des minéraux lourds a montré, à côté des minéraux résistants sans signification particulière comme le rutile, la tourmaline et le zircon, des minéraux de métamorphisme courants comme le grenat et la chlorite, l'association typique staurotide-disthène de provenance alpine, des minéraux de roches éruptives tels que : glaucophane, amphibole claire et amphibole brunâtre (proche de l'amphibole brune d'origine basaltique), hypersthène, augite, hornblende verte et épidote. Dès lors on est amené à rappeler que les *grès de Taveyannaz* renferment de menus matériaux d'origine volcanique. La venue de cette partie d'origine éruptive des minéraux lourds peut correspondre à l'amorce de l'érosion de ces grès ou de tout autre niveau recélant du matériel éruptif remanié. Or l'apparition de la montmorillonite semble coïncider avec la venue de ce matériel d'origine éruptive, tout au moins dans la région étudiée. Il peut y avoir une sorte de déphasage régional entre la venue de montmorillonite et celles des minéraux lourds des roches éruptives. Ce déphasage serait en grande partie l'œuvre de courants transporteurs de matériel détritique dont la compétence était éminemment variable. L'aire de répartition de la montmorillonite doit forcément être plus grande.

Une autre hypothèse serait qu'au Chattien il se serait produit un certain réchauffement du climat qui aurait favorisé la formation de montmorillonite.

Une connaissance pétrographique des minéraux argileux formant les roches des Alpes amènerait peut-être la découverte de montmorillonite dans passablement de niveaux, ce qui éclaircirait ou résoudrait la question.

Au début de cette Note, il est question de kaolinite et de kaolinite *sensu stricto*. Alors que la seconde est la kaolinite courante décrite par les auteurs, la première révèle certaines aberrations. Lors de l'exécution des clichés d'agrégats orientés aux rayons X, j'ai établi l'existence d'un minéral qui est représenté par des raies aux environs de 7,1-7,2 Å et de 3,5-3,65 Å. Or ces raies, qui correspondent à celles de la kaolinite normale, disparaissent après le traitement acide, contrairement à ce qui se passe avec la kaolinite *sensu stricto* ([3]). Parfois on a un mélange des deux kaolinites, ce qui se remarque très nettement par l'affaiblissement des raies de la kaolinite après le traitement acide.

Ce cas particulier avait déjà été constaté par A. Rivière lors de l'étude d'une argile de la molasse de Suisse, mais après l'attaque acide il avait trouvé dans la solution résiduelle du magnésium et du fer. Une vase à Radiolaires provenant d'une profondeur de 5 480 m, fournie par Petterson et étudiée toujours par A. Rivière présentait les mêmes minéraux argileux que l'argile de Suisse et en même proportion. Là encore le traitement à l'acide chlorhydrique avait fait disparaître les raies à 7,1 et 3,54 Å ([3]).

Si ces deux cas furent isolés, dans la série molassique de Suisse que j'ai étudiée le phénomène se produit avec une certaine fréquence. La première hypothèse serait de penser qu'il s'agit de chlorite, la présence d'une raie à 14 Å rendant cette hypothèse vraisemblable. Toutefois, après centrifugation, l'analyse de la liqueur résultant de l'attaque acide ne révèle que des traces infimes de magnésium. D'autre part les raies à 7,1-7,2 Å et à 3,55-3,65 Å disparaissent *totalement* après chauffage à 530° environ, ce qui laisse planer des doutes sur leur attribution à une chlorite, même ferrifère. De plus il semble n'y avoir aucune constance du rapport des intensités des raies à 14 et à 7 Å. Finalement, j'ai rencontré quelques échantillons ne renfermant que de l'illite, de la montmorillonite et de la kaolinite ne résistant pas à l'attaque acide, ce qui semble exclure définitivement l'attribution de ces raies à une chlorite quelconque. On est donc amené à envisager la présence possible dans ces argiles d'un minéral à 7,1 et à 3,5 Å distinct des kaolinites courantes, mais faisant probablement partie du groupe des kaolinites.

([1]) A. Bersier, *Revue Inst. fr. Pétrole*, 8, p. 51-57.

([2]) A. Vatan, P. E. Rouge et F. Boyer, *Étude sédimentologique et pétrographique du Tertiaire subalpin et jurassien de Savoie et des provinces limitrophes*. Travail présenté au Colloque de sédimentologie, 1956, à paraître dans la *Revue de Inst. fr. Pétrole*.

([3]) A. Rivière, L. Visse, R. Fridman et S. Vernhet, *Bull. Groupe Français des Argiles*, nouv. série, 6, n° 1, 1954, p. 13-18.

PÉTROGRAPHIE. — *Les Carbonatites de la Lueshe (Kivu, Congo belge).* Note de MM. **Pierre de Béthune** et **André Meyer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le massif alcalin de la Lueshe (ou Lwigeshe), dont l'un de nous a donné une description pétrographique préliminaire en 1952 (1), avait été découvert par G. Borgniez (2) en 1938, mais était resté inaccessible depuis lors. La réouverture de la route de Kilima à Kikuku, près de Katwe, a permis au second auteur (A. M.) d'y rééchantillonner cet été et de recueillir les observations de terrain sur lesquelles est basée la réinterprétation du gisement.

Ce massif, intercalé dans les schistes du système de l'Urundi, a une largeur de 2 km, entre les km 79 et 83 de cette route (points 1484 et 1468 de la publication de 1952), en amont du confluent de la Kahotonga. Il est constitué principalement d'une syénite à cancrinite et calcite (Busorite) et de carbonatite à ægyrine (Ringite).

La *Busorite* est une roche feldspathique, hololeucocratique, grenue ou finement grenue, à texture souvent foyaïtique, composée principalement d'albite, accompagnée de microcline, de cancrinite et de calcite. On y trouve accessoirement une biotite pléochroïque dans les tons olive-jaunâtre à opaque (lépidomélane), du zircon et de l'ægyrine qui peut devenir plus abondante dans des types leucocratiques, à grain plus fin.

La *cancrinite* et la *calcite*, qui sont des composants quasi constants de cette roche, ne se présentent pas sous l'aspect habituel de minéraux d'altération secondaire, mais bien en grains cristallins, bien développés, de caractère *primaire*. La calcite forme toutefois également de petites mouchetures, dans les feldspaths, qui pourraient être secondaires.

L'absence de néphéline, déjà mentionnée en 1952, et confirmée par l'étude des nouveaux échantillons, nous oblige à distinguer cette roche des syénites néphéliniques à cancrinite connues, comme la särnaïte, la litchfieldite (à laquelle elle ressemble fort) et la mariupolite. Nous proposons donc de la désigner sous le nom de *busorite*, du Mont Busoro, qui forme le flanc sud de la vallée de la Lueshe.

Cette roche est particulièrement bien exposée dans le flanc occidental du Mont Busoro, au bord ouest du massif, mais on la retrouve également sur sa bordure orientale. Il semble qu'elle forme un anneau autour d'un culot carbonatitique.

La *Ringite* est une roche carbonatée à ægyrine, avec un peu de biotite (lépidomélane), de feldspath alcalin et d'apatite, qui est intimement associée à la busorite sur le terrain. L'un de nous l'avait interprétée en 1952 « classi-

quement », comme le produit de l'exomorphisme de la busorite sur une assise calcaire présumée, du système de l'Urundi.

Les nouvelles observations permettent de préciser le gisement de cette roche qui, à en juger par l'étendue des terres rouges à cristaux d'ægyrine, résultant de sa décomposition, forme un massif de près de 2 km de largeur. Elle forme en outre des filons dans la busorite, transversaux au zonage de cette dernière, ainsi que dans les schistes encaissant le massif. Ceci nous indique que nous avons affaire à une roche éruptive du groupe des *carbonatites*.

La ringite contient localement des enclaves anguleuses riches en ægyrine, qui sont des *pyroxénolites alcalines* à calcite, biotite, mélanite et feldspath alcalin accessoires. Il s'y associe localement une carbonatite à biotite qui doit rentrer dans le type pétrographique des *sövites*.

Les gisements de carbonatites actuellement connus sont tous situés dans des socles cristallins granitiques ou intensément feldspathisés, tandis qu'à la Lueshe le massif alcalin traverse des micaschistes à grenat ou à disthène et shéridanite dont le métamorphisme est nettement moins intense ([3]).

Tant à Fen, qu'à Alnö et Spitzkop, la carbonatite est entourée d'un anneau incomplet de roches éruptives sous-saturées, entourées elles-mêmes d'un anneau de fénitisation du socle cristallin encaissant. Cette fénitisation est une transformation métasomatique qui a donné naissance à des roches d'aspect igné et de composition syénitique à ijolitique. Il semble bien en être de même des anneaux fénitiques, syénitiques ou ijolitiques, signalés autour des carbonatites de Sukulu, Tororo, Busuku, Sekululu, Chilwa, Shawa, Dorowa et Moruangeberr.

La busorite de la Lueshe représenterait une partie d'un tel anneau, mais en outre on constate dans les schistes encaissants des *transformations métasomatiques* remarquables.

Sur le bord oriental du massif, ces schistes ont été transformés en des roches feldspathiques, du type des adinoles, mais chargées en proportion variable d'ægyrine et d'une amphibole sodique particulière (dont le pléochroïsme rappelle celui du glaucophane et de certaines arfvedsonites, mais qui se distingue de ces minéraux par son grand angle d'extinction et que nous nommerons *Borgniezite* en l'honneur de l'inventeur du gisement).

Sur le bord occidental du massif les choses sont moins claires. On y observe des roches feldspathiques massives, à texture poeciloblastique qui résultent vraisemblablement aussi de la métasomatose des schistes encaissants; certains schistes à albite porphyroblastique trahissent peut-être un stade intermédiaire de cette transformation.

Les variations de texture de la busorite, dont les feldspaths sont tantôt perthitiques, tantôt antiperthitiques, indiquent que cette roche a, elle-

même, subi localement certaines modifications métasomatiques. Quelques échantillons de roches à ægyrine suggèrent également des effets métasomatiques dont nous ne pouvons encore préciser l'importance.

Le massif de la Lueshe n'est distant que d'une cinquantaine de kilomètres des principaux volcans de la *province potassique des Virunga*, aussi est-on tenté d'établir un rapport génétique entre ceux-ci et celui-là. Il est toutefois prématuré de conclure, car l'un de nous (A. M.) a observé un *marbre stratifié*, en concordance avec les micaschistes du bord occidental, au contact immédiat de la busorite et de la carbonatite. Il s'agit d'une roche au grain relativement fin, assez fortement imprégné d'ocre par altération météorique, mais qui contient des lentilles lépidoblastiques d'une biotite pâle, semblable à celle des schistes à shéridanite susjacents et différente du lépidomélane des carbonatites. Il paraît évident que ce marbre appartient à une assise calcaire sédimentaire intercalée dans le système de l'Urundi et affectée par le métamorphisme régional. Les rapports de ce marbre avec une carbonatite *primaire* de la province des Virunga seraient-ils fortuits ? Devons-nous au contraire, nous demander s'il ne se serait pas développé, par anatexie de cette assise calcaire, un « magma » carbonatitique *syntectique* ?

(1) P. DE BÉTHUNE, *Mém.Inst. géol. Univ. Louvain*, 16, 1952, p. 221-299; *voir* p. 228, 229 et suiv.

(2) *Bulletin de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Technique du Hainaut à Mons*, n° 5, janvier 1944.

(3) P. DE BÉTHUNE, *Acad. roy. Belg.*, *Bull. Classe des Sciences*, 5e série, 35, 1949, p. 1073-1088.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Observations sédimentologiques sur l'étang de Leucate.* Note de M. **André Rivière** et Mlle **Solange Vernhet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Caractères particuliers et sensibilité aux conditions topographiques locales de la sédimentation en eaux peu profondes. Origine de certaines lentilles sableuses intercalées dans les séries vaseuses lagunaires.

Dans la région de Leucate, les vents du secteur Nord-Ouest sont à la fois dominants et régnants. Ils donnent naissance dans les étangs à une houle courte, vite déferlante, qui met rapidement en suspension les sédiments fins des fonds. Poussées par le vent, les eaux chargées de troubles de l'étang de Leucate sortent par le Grau nord en un courant rapide, entraînant des pertes sédimentaires qui compensent dans une plus ou moins large mesure les apports éoliens et les rentrées par le Grau qui se produisent lorsque soufflent les vents du secteur opposé.

Dans le Nord de l'étang, l'érosion s'accentue localement au voisinage des côtes exposées aux vents du secteur Nord-Ouest, sous l'influence des courants de vagues, souvent très visibles, qui entraînent les sédiments mis en suspension par l'agitation des eaux. Il en résulte une dissymétrie des profils de cette partie de l'étang et des baies qui accidentent le tracé de ses rivages. C'est ainsi que des profondeurs relativement plus grandes (de l'ordre de 2 m), ont tendance à se maintenir à peu de distance de la rive est de la corne nord de l'étang et au Nord des Sidrières.

Sur le bord interne du cordon littoral bordant l'étang à l'Est, ces actions se traduisent par l'apparition de minuscules falaises d'érosion temporaires, sans d'ailleurs qu'il semble y avoir attaque permanente des fonds dont la pente vers l'Ouest est très faible. Le fait tient sans doute à ce que l'érosion est compensée par les apports éoliens et les rentrées sédimentaires auxquels il a été fait précédemment allusion.

La partie orientale de l'étang est accidentée par une zone de hauts-fonds liés à l'existence d'une ride sédimentaire sous-marine qui s'est édifiée sous le vent au Sud-Est de l'île de la Rascasse. Sorte de tombolo encore submergé, cette ride est presque entièrement formée au voisinage de l'île par des galets de quartz et de lydienne identiques à ceux qui constituent celle-ci. Vers le Sud-Est, la taille des galets diminue en même temps qu'augmente la proportion des éléments sableux et graveleux (surtout des débris de coquilles). A environ 1 km de l'île, l'existence de ce tombolo ne se manifeste plus guère que par l'extrême diminution de la profondeur. Après une période de vents du Nord-Ouest, par temps calme et avec un niveau de l'étang relativement bas, nous avons observé là, isolé au milieu des vases mouvantes *sur* lesquelles il reposait, un banc sableux que sa morphologie rapprochait des dunes sous-marines mobiles décrites par l'un d'entre nous [1], mais ses dimensions (une centaine de mètres de longueur) étaient beaucoup plus considérables.

Un kilomètre environ au Sud de l'île de la Rascasse, l'île de Vic, constituée par les mêmes galets, a été arasée par les glaces du dernier hiver et, par basses eaux, n'émerge plus que de quelques centimètres. Facilement franchie par les moindres vagues, elle ne semble guère avoir d'autre effet que le maintien de hauts-fonds sous le vent de l'abri très relatif qu'elle constitue.

Compte tenu des perturbations liées à la présence de ces îles, ainsi qu'à celle des Dendilles, les actions de remblayages semblent de plus en plus marquées vers le Sud. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que les parties méridionales de l'étang sont depuis longtemps dépourvues de toute communication permanente avec la mer. Il en résulte un ralentissement progressif vers le Sud de la dérive des eaux poussées par les vents du secteur nord-ouest au fur et à mesure que s'accentue la surélévation des eaux,

laquelle peut atteindre plusieurs décimètres. Comme ces eaux sont chargées de troubles à la limite de leur capacité de transport, on peut penser que l'augmentation de la profondeur, liée à la surélévation momentanée du plan d'eau vers le Sud, amène une sédimentation telle que les fonds aient tendance à se modeler de plus ou moins près sur la surface déformée du plan d'eau. Effectivement, les observations faites par temps calme permettent de constater une diminution marquée des profondeurs dans cette zone. L'alluvionnement est d'ailleurs facilité par le développement des herbiers dont la présence facilite la sédimentation en diminuant l'agitation et qui — avec la faiblesse de la profondeur (quelques décimètres) — paraissent devoir s'opposer à toute formation d'undertow. Ces phénomènes expliquent le rapide colmatage du Sud-Est de l'étang, notamment à l'Est de la base d'hydravions de Saint-Laurent, alors qu'à l'Ouest, la rive s'érode encore suivant les processus habituels.

Au contraire, les rives occidentales et celles de la partie la plus septentrionale de la corne nord de l'étang sont à peu près partout en voie de remblaiement, bien que soumises à l'action des vagues soulevées par les tempêtes du Sud-Est et de l'Est. L'action de celles-ci reste en effet limitée en raison de leur fréquence relativement faible et elle ne semble pas pouvoir contrebalancer les apports résultant du fait que, par vent du secteur Ouest, les eaux bordant ces rives jouissent d'un calme relatif. Ces côtes reçoivent d'ailleurs les apports sédimentaires non négligeables, dus au ruissellement et aux petits cours d'eau atteignant l'étang. Ces venues d'eau douce, accrues d'un certain nombre de résurgences (parmi lesquelles celles de Fitou et de Fontestramer) permettent le développement rapide de roselières étendues qui accélèrent la sédimentation et consolident les vases.

L'ensemble de ces observations met en relief les faits suivants :

1° La répartition des dépôts actuels de l'étang montre que dans les eaux lagunaires peu profondes dans lesquelles l'agitation des vagues met facilement en suspension les sédiments des fonds, il peut y avoir, contrairement à ce qui se passe généralement en eaux profondes, colmatage des régions situées *sous le vent*, surtout lorsque celles-ci sont dépourvues de communications avec la mer et n'offrent pas d'issues « sous le vent » aux courants de vagues littoraux.

2° Le développement du tombolo submergé de la Rascasse montre l'extrême sensibilité aux conditions locales des mécanismes de sédimentation en eaux peu profondes (l'île n'ayant pas 30 m dans sa plus grande dimension). Le phénomène s'explique partiellement par la faiblesse de la masse de sédiments nécessaires au comblement (la profondeur étant réduite), mais il semble surtout tenir au fait que, l'agitation s'étendant à toute l'épaisseur de la tranche d'eau, la capacité de transport du milieu est pratiquement toujours saturée, ce qui entraîne la formation de dépôts partout où le

moindre abri atténue l'agitation. La diminution de profondeur qui en résulte freine la propagation des lames en sorte que, de proche en proche, la zone de sédimentation peut s'étendre très loin de l'obstacle qui lui a donné naissance.

3° Nous avons vu que le banc sableux observé au Sud-Est de la Rascasse présentait de grandes analogies avec les dunes sous-marines mobiles antérieurement décrites (¹). Toutefois, ses dimensions beaucoup plus considérables obligent à supposer un accroissement qui ne peut s'expliquer que par une sélection granulométrique des éléments sableux (surtout coquillers) s'exerçant au dépens de la vase des fonds. Ceci conduit à envisager qu'une telle ségrégation peut se produire spontanément sur les hauts-fonds, permettant ainsi l'apparition des formations dunaires sous-marines *plus ou moins isolées*, à grande distance des rivages de l'étang ou de la lagune. Cette hypothèse s'accorde bien avec la situation topographique particulière et l'isolement du banc étudié.

Ces faits permettent de penser que les lentilles sableuses qu'il est si fréquent de rencontrer isolément au milieu des séries vaseuses lagunaires ne sont pas nécessairement, comme le voudraient les conceptions classiques, les témoins d'anciens chenaux. Bien au contraire, elles semblent pouvoir s'être constituées initialement en éléments dunaires sous-marins, plus ou moins isolés et mobiles, par ségrégation sous l'action des vagues dans les régions de hauts-fonds. Peut-être nombre de lentilles sableuses des séries pétrolifères n'ont-elles pas d'autre origine.

(¹) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1268.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une zone d'importantes anomalies gravimétriques et magnétiques au nord du Tanezrouft*. Note (*) de MM. **Jean Castet**, **Jean Dubief** et **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Une première campagne gravimétrique (1951) avait mis en évidence entre Adrar et Reggane des anomalies isostatiques importantes (¹), atteignant (système Airy, profondeur de compensation 60 km) des valeurs de — 60 mgal, dépassant celles du puissant bassin néogène du Hodna et de la fosse Sud-aurasienne (— 50 mgal).

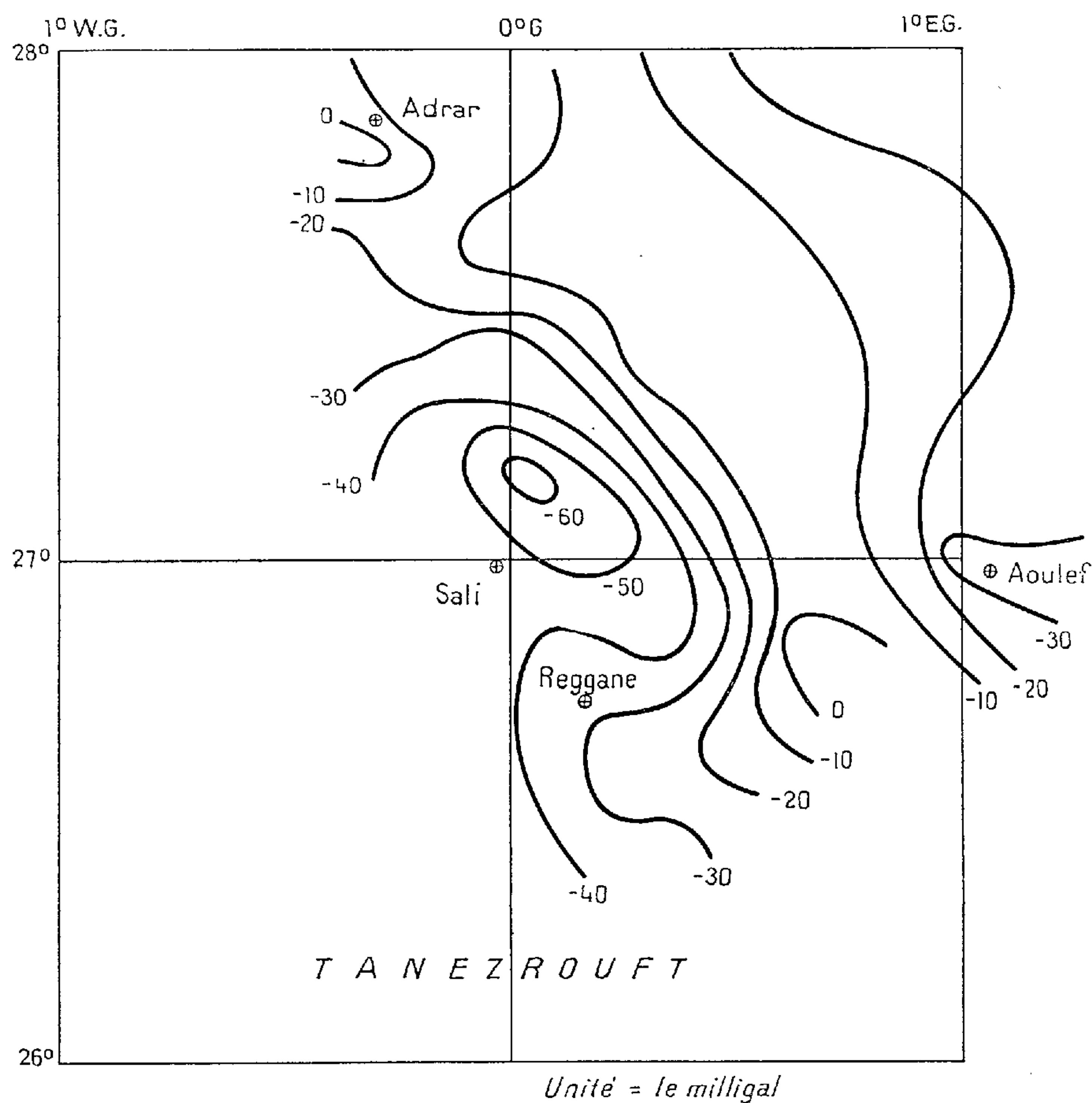
Il s'agit donc d'un accident structural de premier ordre dont il importait de préciser l'étendue. C'est ce qui fut fait au passage à l'occasion de deux autres campagnes (1955 et 1956). En même temps furent exécutées des mesures de la composante verticale Z du champ magnétique terrestre.

Les conclusions furent les suivantes :

1° la zone des anomalies gravimétriques les plus fortes est conforme au dessin ci-dessous;

2° le gradient gravimétrique est très fort;

3° les valeurs de Z sont en corrélation marquée avec celles de g, et dans le sens signalé antérieurement ([2]) : aux maxima gravimétriques correspondent des minima magnétiques et *vice versa*. Ce phénomène remarquable, valable pour les profils El-Goléa-Tamanrasset et In-Salah-Amguid se manifeste aussi pour les profils In-Salah-Aoulef-Adrar et Adrar-Reggane.



Unité = le milligal

On sait ([3]) que, dans une région, comme le Sahara, où l'inclinaison du champ magnétique est faible, une structure simple (anticlinal ou synclinal) ne produit pas, comme en gravimétrie, un seul extremum (maximum ou minimum), mais deux de signes contraires, situés de part et d'autre de la structure. Ce fait gêne beaucoup la mise en évidence des corrélations; et celle de notre Note antérieure ([2]) doit sa simplicité au grand intervalle (40 à 50 km) séparant deux stations magnétiques consécutives.

Dans la région ici considérée, cet intervalle a été réduit à 10 km et l'on a effectivement pour les anomalies de Z, calculées suivant notre méthode antérieure ([2]), un maximum au Sud, supérieur à 200 γ, et un minimum au Nord légèrement négatif, encadrant le minimum gravimétrique. Nous ne nous hasarderons pas à des calculs concernant la profondeur intéressée par l'importante structure que nous avons mise en évidence, et qui est caractérisée par une densité faible et une susceptibilité magnétique forte. Il semble s'agir d'une énorme accumulation de « continental intercalaire », dont la prospection serait intéressante.

(*) Séance du 17 septembre 1956.

([1]) J. Lagrula, *Sur la prolongation du réseau gravimétrique Nord-Africain au Sahara français* (*Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 1952).

([2]) J. Castet et J. Lagrula, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 84.

([3]) Haalck, *Die Magnetischen verfahren der Angewandten geophysik*, 1927.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du froid sur l'évolution des acides organiques hydrosolubles, non volatils, au cours de la germination des graines de* Brassica oleracea *var.* acephala. Note de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

Les graines de Chou Cavalier (*Brassica oleracea* var. *acephala*) contiennent de petites quantités d'acide malique et d'acide citrique, qui s'accroissent notablement au cours de la germination. Le froid accentue l'accumulation de ces acides.

Jusqu'à ces dernières années, peu de recherches ont été entreprises sur la nature et le comportement des acides organiques hydrosolubles contenus dans la graine. Les quelques travaux réalisés dans ce domaine se rapportent, le plus souvent, à l'étude de l'acide citrique. Ce dernier a été trouvé, en faible quantité, dans les semences de céréales (Blé, Maïs, etc.) et de Légumineuses (Haricot, Lupin, etc.), par Petersen ([1]) puis par Taufel et Krusen ([2]). De plus, ces auteurs ont observé un accroissement de la quantité de cet acide au cours de la germination de ces deux types de semences, à l'obscurité. Toutefois, sensiblement à la même époque, Gobis ([3]) a constaté, au contraire, avec des espèces identiques, un appauvrissement de la graine, en acide citrique, dans les premières phases de la germination, avant le développement de l'appareil chlorophyllien.

En France, Desveaux et Kogane-Charles ([4]) étudiant les acides organiques des graines oléagineuses (Ricin, Chanvre, Lin) ont noté, lors de la germination, une augmentation importante de l'acidité organique, non lipidique, qui pourrait être due, pour une large part, à la formation d'acide acétique. En outre, selon ces auteurs, les semences de Ricin et de Maïs contiendraient de

l'acide glycolique et de l'acide malique, mais pas d'acide citrique; celui-ci apparaîtrait avec d'autres acides, pendant la germination.

Dans le cadre de nos recherches sur la biochimie de la graine, nous nous sommes proposé de suivre, dans la graine de Chou Cavalier (*Brassica oleracea* var. *acephala*), l'évolution des acides organiques hydrosolubles, non volatils, d'une part au cours d'une germination se déroulant à une température moyenne (20°), et d'autre part lors d'une germination réalisée à basse température (2-3°).

A cet effet, les acides organiques hydrosolubles fixes, ont été identifiés et dosés dans les semences non germées, puis successivement dans les graines ayant germé pendant 2, 4 et 6 jours à l'obscurité, à la température de 20°; la longueur moyenne des plantules ainsi obtenues (radicule + hypocotyle) était respectivement de 0,5, 2 et 6 cm. A partir du quatrième jour, et jusqu'au sixième, certains lots ont poursuivi leur germination à la lumière du jour (photopériode de 16 h). Parallèlement, des dosages ont été effectués sur des semences ayant germé pendant 3,5 et 7 semaines à 2-3°, à l'obscurité (longueur moyenne des plantules : 0,5, 2 et 5 cm).

Pour chaque lot, nous avons appliqué la technique suivante : après stabilisation du matériel frais par l'alcool bouillant, les acides organiques sont extraits par trois traitements par l'alcool à 50°, à ébullition. Les alcoolatures passent ensuite sur une résine anionique faiblement basique (Amberlite I. R. 4B). L'élution des acides retenus sur la résine est réalisée par l'ammoniaque à 2 %. Après évaporation, à basse température, de la solution ammoniacale, les acides organiques, non volatils, sont identifiés par chromatographie sur papier. Les modalités de ces opérations, ainsi que celles du dosage des acides par titrage iodométrique, ont été décrites antérieurement ([5]).

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

a. Graines non germées. — Les semences de Chou Cavalier contiennent de faibles quantités d'acide malique (0,07 % de la matière sèche) et d'acide citrique (0,14 %). Il est possible qu'il existe des traces d'acide lactique.

b. Germination à 20°. — L'examen de la figure 1 montre que la germination à 20°, à l'obscurité, est marquée par un accroissement régulier de la quantité d'acide malique et ceci jusqu'à l'étiolement de la plantule (6e jour). La lumière, lorsqu'elle est appliquée du quatrième au sixième jour, accentue l'accumulation de cet acide.

Dans l'ensemble, l'acide citrique présente une évolution analogue, la très légère diminution de la quantité de cet acide, observée sur la figure 2, au début de la germination, ne paraissant pas devoir être significative.

c. Germination à basse température. — Les mêmes phénomènes peuvent être observés au cours de la germination à 2-3°. Toutefois, pour les stades de germination un peu avancés, l'enrichissement en acides organiques est plus marqué dans les graines subissant l'influence du froid, que dans celles germant

à une température plus douce. Mais ces différences, surtout celles relatives à l'acide citrique, demeurent souvent faibles.

d. Pendant toute la période de germination, il ne semble pas apparaître, en quantité décelable, des acides organiques, fixes, différents de ceux déjà présents dans la semence non germée. Enfin, à tous les stades on retrouve des traces d'acide lactique, quelle que soit la température de germination.

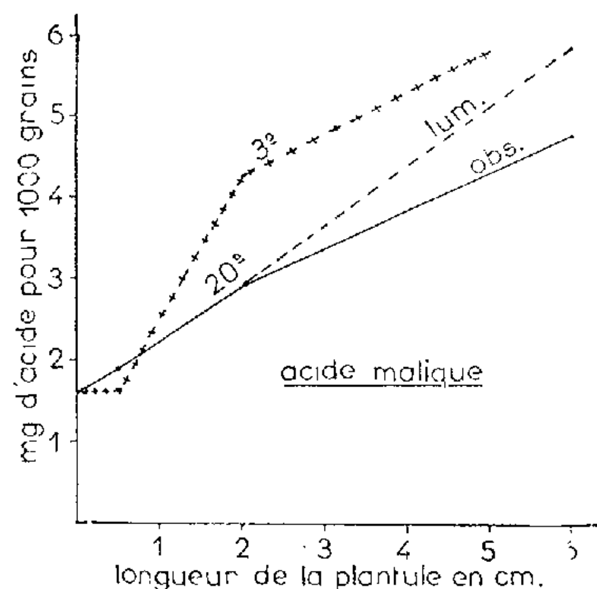


Fig. 1.

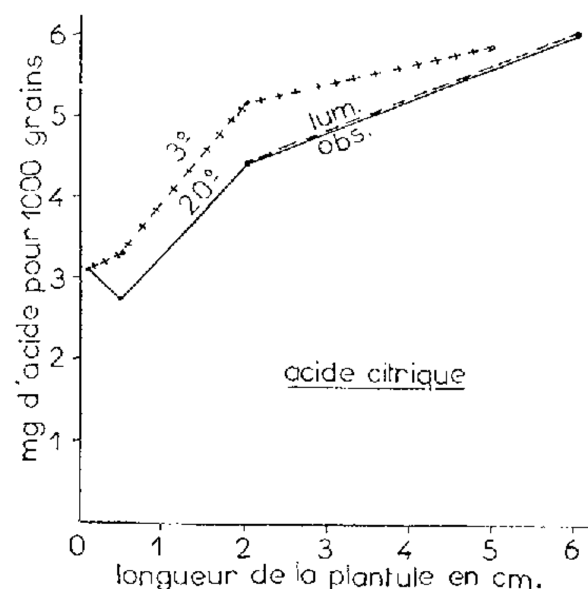


Fig. 2.

En conclusion, la germination des graines de *Brassica oleracea* var. *acephala* s'accompagne d'une genèse importante d'acide malique et d'acide citrique. Le froid accentue ce phénomène. Il est possible que cette synthèse d'acides organiques soit en rapport avec l'enrichissement de la graine en glucides solubles, constaté au cours de la germination, lors de précédentes recherches ([6]).

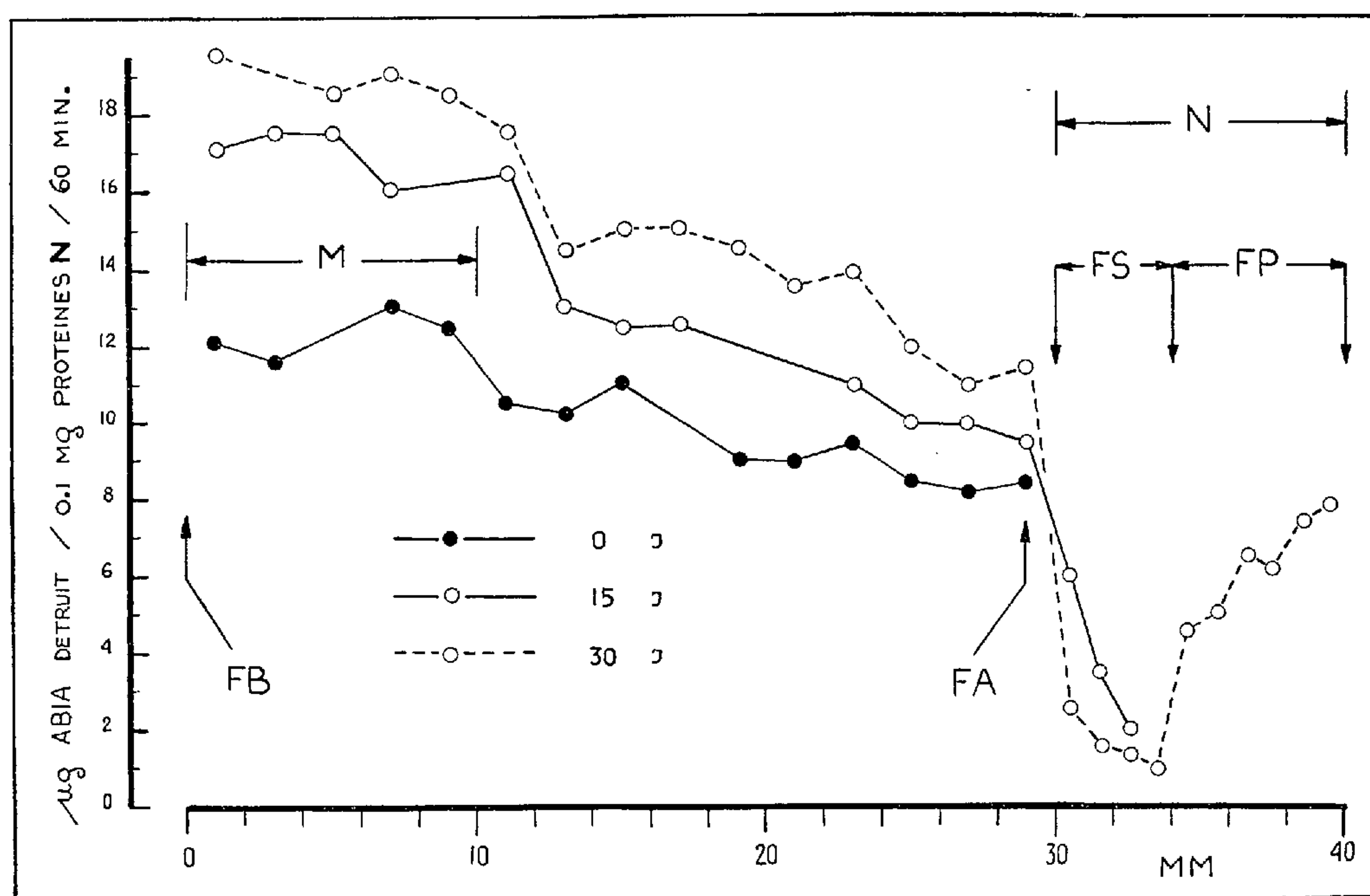
(1) *Acta physiol. scand.*, 8, 1944, p. 97.
(2) *Biochem. Z.*, 322, 1952, p. 375.
(3) *Ann. sper. agrar.* (Roma), 5, 1951, p. 571.
(4) *Ann. agro.*, 3, 1952, p. 385.
(5) *Rev. gén. Bot.*, 63, 1956, p. 137.
(6) *Rev. gén. Bot.*, 61, 1954, p. 261.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Activité des auxines-oxydases dans les fragments de carotte cultivés in vitro.* Note de M. **Paul-Émile Pilet**, présentée par M. Raoul Combes.

Les auxines-oxydases sont moins actives dans la zone apicale de fragments de carotte que dans la zone basale. C'est peut-être pourquoi la culture est meilleure lorsque le fragment est renversé. L'activité de ces enzymes augmente avec l'âge des tissus cultivés *in vitro* et spécialement dans les régions en contact avec le milieu; elle est très faible au niveau du tissu cambial et des néoformations.

Les auxines-oxydases président à l'inactivation *in vivo* de l'acide β-indolylacétique (ABIA) ([1]). Leur étude systématique dans les divers tissus des racines

du *Lens* ([2]) et les résultats obtenus, nous ont engagé à examiner le cas de fragments de carotte cultivés *in vitro*. Ces fragments (30/15/15 mm), prélevés dans la région médiane, sont placés en position renversée (face basale ou foliaire dans le substratum) de façon à obtenir un maximum de prolifération ([3]) et sont cultivés stérilement dans le milieu de Heller ([4]), en présence de lumière blanche (400 lux ± 50) et à température constante (22°C ± 0,5). Des morceaux de tissus (2/2/2 mm pour les fragments et 1/2/2 mm pour les néoformations) sont prélevés dans la région cambiale à divers niveaux. Broyés (— 16° C) avec une solution tampon KH_2-Na_2PO_4 5.10^{-2} M, ils sont centrifugés (15 mn; 4 500 g) et décantés (10 ml). 2 ml d'extrait sont mélangés à 5 ml de solution tampon (pH 6,1) et (temps 0) à 2 ml d'ABIA 5.10^{-4} M. On prélève 2 ml de ce mélange qu'on ajoute à 8 ml du réactif de Salkowsky ([5]) modifié ($FeCl_3$ 1,5 M — 3 ml; H_2SO_4 97 % — 100 ml; H_2O redist. — 60 ml).



Activité des auxines-oxydases (exprimée en fonction d'ABIA détruit en 60 mn, par unité de protéines N).

M, zone du fragment en contact avec le milieu; FB, face basale; FA, face apicale; N, néoformation terminale; FS, formation secondaire; FP, formation primaire; J, jours (comptés à partir de la mise en culture).

La titration se fait à 22,5° C ± 0,2, à l'aide du photocolorimètre Klett-Summerson (λ 5 350 Å ± 150). L'activité de ces enzymes est exprimée par la quantité d'ABIA (en µg) détruite par unité des protéines N (0,1 mg) ([6]) pendant 60 mn.

Les résultats de ces essais, reportés dans la figure, autorisent les remarques suivantes :

1° Pour les fragments initiaux, on peut observer une décroissance de l'activité des auxines-oxydases de la face basale (FB) à la face apicale (FA). Cette observation peut fournir de nouvelles indications sur la polarité morphologique particulière des cultures de carotte ([7]). En effet, si la face foliaire (ou basale) est appliquée dans le substratum, la face radiculaire prolifère au maximum et cette région est précisément celle où l'inactivation de l'ABIA est minimum.

2° Au fur et à mesure que le tissu vieillit, l'activité des auxines-oxydases augmente fortement dans les régions en contact avec le milieu (M) et faiblement ailleurs.

3° Au niveau des néoformations (N), l'activité de ces enzymes est très diminuée. Pour des cultures plus âgées, on voit que, dans la région périphérique (formation primaire, FP) les auxines-oxydases sont plus actives que dans la région profonde (formation secondaire, FS) constituée d'assises génératrices libéro-ligneuses associées à du parenchyme vasculaire et du liber ([8]).

Ces données sur les gradients physiologiques des cultures de tissus complètent nos informations sur leur polarité bio-électrique ([9]). D'autre part, des mesures réalisées dans les néoformations latérales indiquent que ces enzymes y sont également peu actives.

Ainsi, dans les régions des tissus où la prolifération cellulaire est importante, l'activité des systèmes auxines-oxydasiques est réduite et par conséquent l'inactivation et la destruction *in vivo* des hormones de croissance fortement diminuées. Cette observation confirme nos résultats sur l'activité de ces enzymes dans les méristèmes des racines.

(1) A. W. GALSTON, *Proc. 3 rd Intl. Plant Growth Subst. Symposium*, Wye College, England, 1955.

(2) P. E. PILET et A. W. GALSTON, *Physiol. Plantarum*, 8, 1955, p. 888; P. E. PILET, *Act. Soc. helv. Sc. nat.*, 135, 1955, p. 133; *Experientia*, 12, 1956 (sous presse).

(3) R. J. GAUTHERET, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 186; 211, 1940, p. 15; *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 172.

(4) R. HELLER, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, 14, 1953, p. 1; *Année biol.*, 30, 1954, p. 261.

(5) A. W. GALSTON et L. DALBERG, *Amer. J. Bot.*, 41, 1954, p. 373; P. E. PILET et A. W. GALSTON, *Physiol. Plantarum*, 8, 1955, p. 888.

(6) L'analyse du contenu en protéines N est basée sur la technique de Nessler.

(7) R. J. GAUTHERET, *Rev. Cytol. Cytophysiol. vég.*, 7, 1944, p. 45.

(8) R. J. GAUTHERET, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 259.

(9) P. E. PILET et S. MEYLAN, *Experientia*, 11, n° 4, 1955, p. 147.

MYCOLOGIE. — *Premières observations sur la mycoflore des sols sablonneux des Landes de Gascogne.* Note de M. **Jacques Montegut**, présentée par M. Roger Heim.

Pour l'étude de la microflore fongique du sol, les Landes de Gascogne constituent un milieu naturel de choix en raison de leur étendue considérable et de la remarquable homogénéité, selon l'axe Nord-Sud, du sol, du climat et de la végétation de chacune des différentes stations écologiques qui s'échelonnent depuis l'Océan jusqu'à l'intérieur des terres.

Nous avons retenu cinq de ces stations, afin d'y suivre l'évolution de la mycoflore : *la dune, la pinède littorale,* la grande *pignada* landaise, *la lande* s'installant après incendie, enfin le *sable cultivé.* Les premiers prélèvements ont été réalisés en 1954 à Lacanau (dune et pinède littorales) et à Solférino (pinède, lande et cultures).

Caractéristiques générales de la micoflore fongique. — Plus de 250 espèces ont été isolées à ce jour.

Elles se répartissent de la façon suivante :

Phycomycètes 6 %, Ascomycètes 11 %, Basidiomycètes 0,5 %, Fungi imperfecti 82,5 %; ce dernier groupe se décomposant en : 1,5 % d'*Aspergillus,* 27 % de *Penicillium,* 3 % de Moniliacées diverses, 12 % de Dématiacées, 5,5 % de *Fusarium,* 3 % de Tuberculariacées diverses, 1 % de Stilbacées, 1 % de Mélanconiales, 10 % de Sphæropsidales, 2,5 % de « mycéliums stériles ». Une répartition faite en fonction du nombre de colonies isolées donne un avantage considérable aux groupes à grand pouvoir sporulant tels que les Phycomycètes, Sphæropsidales et Hyphales, aux *Penicillium* en particulier, qui représentent plus de 50 % des colonies isolées.

Ce décompte met en évidence la pauvreté de la microflore en *Aspergillus* [déjà observée dans la région parisienne ([1])], malgré le caractère xérophytique du substrat sablonneux et de l'ensoleillement, compensé, il est vrai, par le climat océanique. L'absence presque constante des Basidiomycètes est imputable à la biologie particulière de ce groupe dont les exigences ne sont pas satisfaites par les milieux de cultures employés. Quatre espèces, seulement, sont communes aux cinq stations écologiques étudiées : deux d'entre elles sont très banales, *Cladosporium herbarum* et *Trichoderma viride*; la troisième, *Penicillium Thomii,* n'est pas rare; la quatrième, *Penicillium pulvillorum* est moins communément rencontrée. La micoflore de la dune ne montre que très peu d'analogies avec celle des autres stations plus intérieures qui, par contre, possèdent en commun un assez grand nombre d'espèces; la mycoflore semble donc suivre le comportement de la flore supérieure, tant il est vrai que la végétation de la dune constitue

une entité totalement différente de la flore générale de l'arrière-pays, axée autour de la pinède et de la lande juxtaposées ou superposées.

La répartition moyenne donnée ci-dessus ne met pas en relief le comportement de la mycoflore des différentes stations; chacune d'entre elles possède une structure qui lui est propre.

Caractéristiques de la mycoflore de la dune. — L'absence presque totale des Phycomycètes s'explique par les exigences hydriques de ce groupe, les alternances répétées de dessèchement et d'humidification du sable ne permettant pas une installation permanente et décelable de leurs espèces. Par contre, deux groupes sont très bien représentés : les *Sphéropsidées* (15 %), qui sont sans doute liées aux débris variés de la végétation superficielle, enfouis progressivement par ensablement, à moins qu'il ne s'agisse de vraies espèces du sol; les *Ascomycètes* (13 %) qui sont presque exclusivement représentés par des espèces fimicoles (*Sordaria, Pleurage, Chætomium*) dont la présence coïncide avec la fréquentation quotidienne de la dune par les oiseaux, les rongeurs et autres animaux. Parmi les Hyphales, le comportement de *Trichoderma viride* confirme toutes les observations faites à son sujet; absent totalement de la plage, rare dans la dune où il se localise en profondeur ou au voisinage des racines d'*Ammophila*, il devient plus fréquent dans l'arrière-dune où le fait d'un pH voisin de la neutralité biologique coïncide avec l'installation du *Corynephoretum* océanique; c'est dans l'humus acide de la pinède littorale que sa présence constante nous permet d'affirmer ses véritables affinités.

Mais la caractéristique essentielle de la mycoflore réside d'une part dans sa dépendance étroite avec la végétation de surface et les modifications de l'ensablement, et d'autre part dans sa faible vitalité. La mycoflore de la dune possède le même profil instable que celui du sable lui-même et du système racinaire de la végétation psammique. Ainsi la densité de la mycoflore épouse étroitement les fluctuations verticales du système racinaire complexe de l'*Ammophila* au fur et à mesure de l'ensablement ou du déchaussement de ses touffes; ainsi s'explique que la fréquence maximum des colonies isolées au cours de prélèvements échelonnés sur deux années en un point précis, s'est située tantôt en surface, tantôt à des profondeurs variables. Les liens biologiques unissant la mycoflore à la flore supérieure se précisent lorsqu'on étudie des prélèvements réalisés autour de plantules d'*Ammophila* dans des zones largement dénudées. On constate que la micoflore se répartit suivant un microgradiant très caractéristique autour des radicelles de la plantule; ainsi le nombre de colonies isolées croît schématiquement de 1 à 100 et jusqu'à 1000 suivant qu'on étudie le sable situé à plus de 10 cm de la plantule, le sable aggloméré en une gangue cylindrique de 2 à 5 mm de diamètre le long de la radicelle, ou la surface même de la radicelle.

D'autre part, on note que l'augmentation de fréquence va de pair avec une certaine sélection au niveau même des radicelles, qui souvent n'hébergent plus à leur surface qu'une ou deux espèces particulières très abondantes et une micoflore bactérienne intense, responsable sans doute en partie de cette sélectivité.

Dans les couches profondes la vie de la micoflore est fonction de la présence des racines et des débris végétaux variés enfouis et transformés sur place en humus; c'est dans ces foyers épars que certaines espèces absentes en surface, telles que des *Gliocladium*, *Stysanus*, *Graphium* et *Chætomium* pullulent à raison de 1500 germes par gramme de sable; à 10 cm de distance de ces foyers la fréquence tombe à 270 germes.

Ainsi, dans la dune, la micoflore fongique n'a-t-elle qu'une activité sporadique, parce que tributaire des végétaux supérieurs en place avec leurs racines, leurs débris et l'humus qui en résulte. En dehors de ces zones privilégiées la mycoflore est pratiquement inerte (8 à 335 germes par gramme de sable), bien que très diversifiée; en effet, sur les 250 espèces isolées à ce jour 150 l'ont été dans le système dunaire; mais si l'on excepte quelques espèces régulièrement présentes comme *Asteromyces cruciatus*, *Papularia sphærosperma*, *Epicoccum neglectum*, *Penicillium roseo-purpureum*, *Pleospora herbarum* et un *Pyrenochæta*, la plupart des espèces se retrouvent difficilement d'un prélèvement à l'autre, ce qui confirme le caractère instable de la mycoflore de la dune.

(1) *Comptes rendus du 6e Congrès international de la Science du Sol*, 3, Biologie, Paris, 1956.

LICHÉNOLOGIE. — *Sur la structure de l'appareil apical des asques chez les Pyrénolichens des genres* Laurera *et* Trypethelium. Note de Mlle **Marie-Agnès Galinou**, présentée par M. Roger Heim.

Les genres *Laurera* et *Trypethelium* appartiennent tous deux à la famille des Trypéthéliacées. Ce sont des Pyrénolichens crustacés, corticoles, localisés dans les régions tropicales. La différence entre les deux genres repose essentiellement sur la structure des spores : elles ont chez les *Laurera* à la fois des cloisons transversales et des cloisons longitudinales (spores murales) et chez les *Trypethelium* seulement des cloisons transversales. Dans les deux genres, les ascocarpes sont des excroissances subglobuleuses du thalle, montrant au sommet, selon les espèces, un ou plusieurs petits orifices punctiformes, qui sont les ostioles d'autant de cavités à asques. La paroi de ces ascocarpes est constituée par un tissu noir et coriace. Le fond et les flancs de chacune de leurs cavités sont tapissés par un mince

hypothécium, formé d'hyphes hyalins entremêlés, et portant un système de paraphyses fort remarquables : septées et très grêles, celles-ci sont réunies jusqu'à leur sommet en un réseau à mailles régulières (*fig.* 1). Inclus dans ce réseau se trouvent les asques, qui naissent de filaments ascogènes à anses latérales typiques ([1]), (*fig.* 2) et ont à leur base, en conséquence, chacune les vestiges d'un crochet. Assez grands, ces asques contiennent en principe huit spores, mais chez certaines espèces ce nombre est moindre, une partie d'entre elles avortant.

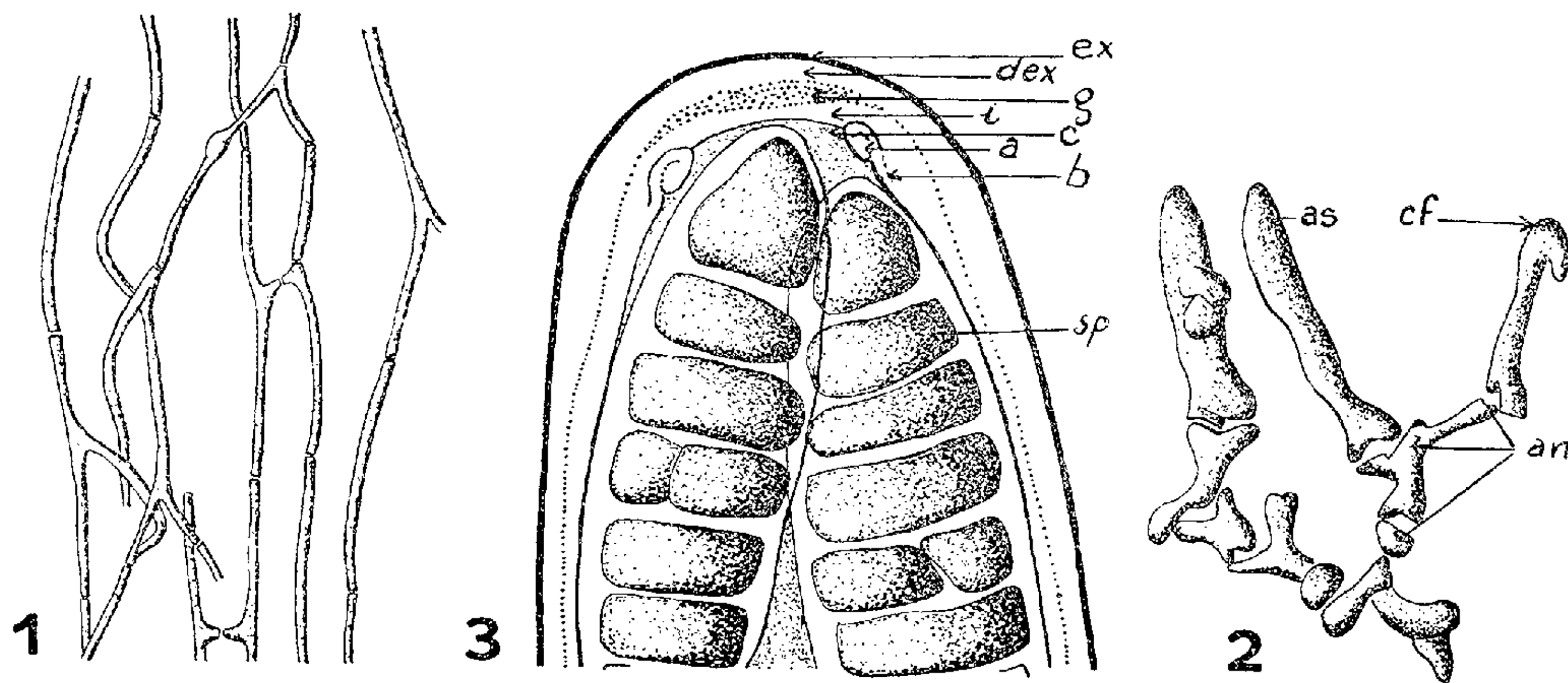


Fig. 1 à 3 : *Trypéthéliacées.* — En 1, détail du réseau de paraphyses du *Laurera purpurina*, coloré au bleu coton (cytoplasme seul représenté); en 2, hyphes ascogènes du *L. madreporiformis* (*as*, jeune asque; *an*, anses latérales; *cf*, crochet en formation; coloration au bleu coton); en 3, sommet d'asque du *L. ambigua* (*ex*, exoascus; *dex*, doublure de l'exoascus, colorable par le bleu de méthyle; *g*, couche granuleuse colorable par le rouge Congo; *i*, endoascus non colorable; *c*, constriction de l'épiplasme; *a*, anneau réfringent non colorable; *b*, bandelette annulaire non colorable; *sp*, jeune spore).

La paroi ascale est épaisse et complexe, particulièrement au sommet (*fig.* 3). On peut y reconnaître, de l'extérieur vers l'intérieur : 1° une couche externe, mince et réfringente (exoascus); 2° immédiatement au-dessous, une couche plus épaisse, moins réfringente, colorable en bleu violacé par le bleu de méthyle (doublure de l'exoascus); 3° une couche granuleuse, probablement gélifiée, mince sur les flancs de l'asque et au contraire épaissie au sommet, colorable par le rouge Congo aqueux; 4° une couche interne, non colorable (endoascus), au contraire assez épaisse sur les flancs de l'asque mais par contre, du moins dans certains cas, très amincie au sommet, comme si la couche précédente s'était épaissie à ses dépens.

L'appareil apical, souvent difficile à observer, consiste essentiellement en un anneau réfringent très mince, à lumière très large, situé tout à fait contre l'épiplasme, juste sous le sommet fortement aplati de celui-ci, et non colorable par les colorants essayés (iode, vert Janus, benzoazurine, rosazurine, bleu coton C_4B). De forme torique, cet anneau garnit intérieu-

rement une bandelette membranaire, également annulaire, qui le réunit à l'endoascus, et il est fixé au bord supérieur de cette bandelette. Faisant saillie dans l'épiplasme, il se manifeste surtout par une légère constriction sous-apicale de celui-ci. On peut admettre qu'il forme, avec la bandelette annulaire à laquelle il est rattaché, un anneau apical en deux pièces, comparables à celui d'une foule de Pyrénomycètes ascohyméniaux et de Discomycètes inoperculés. Il rappelle plus particulièrement le type *Sordaria* [2], caractérisé lui aussi par un anneau non colorable et à lumière large.

Cette structure s'est montrée constante chez les différentes espèces étudiées : particulièrement nette chez *L. purpurina* Zahlbr., *L. submadreporiforme* des Abb., *L. meristospora* Zahlbr., *L. sanguinaria* Malme, *L. ambigua* Malme, *L. benguelensis* Zahlbr., *L. chapadensis* Malme et *L. megasperma* Riddle; elle se reconnaît aussi, quoique plus discrète, chez *L. madreporiformis* Riddle, *T. eluteriæ* Sprgl. et *T. annulare* Mont. Elle est particulièrement intéressante, parce que, de la sorte, les *Laurera* et les *Trypethelium* sont les premiers Pyrénolichens chez lesquels soit observé un appareil apical du type *annellascé*. Chez les autres genres jusqu'ici étudiés : *Arthopyrenia* et *Verrucaria* il est au contraire du type à nasse apicale, c'est-à-dire *nassascé*.

On tend actuellement à appliquer aux Lichens la distinction faite par les mycologues entre *Ascoloculaires* et *Ascohyméniaux*. En ce qui concerne les Pyrénolichens, R. Santesson [3] range ainsi parmi les premiers les *Arthopyrenia* et *Dermatina*, tandis que les Verrucariacées et les Pyrénulacées sont pour lui des Ascohyméniaux de l'ordre des Sphæriales. Mais d'un autre côté M. Chadefaud, ainsi que Cl. Moreau [4], ont montré qu'à cette distinction correspond celle des *Nassascés* [=Bituniqués de E. S. Luttrell [5]], qui sont aussi, du moins en première analyse, les Ascoloculaires, et des *Annellascés* (= Unituniqués), qui sont de même les Ascohyméniaux. D'après celà, la classification établie par R. Santesson semble devoir être modifiée de la façon suivante :

1. Sont des *Pyrénolichens nassascés*, donc probablement aussi des *Ascoloculaires* [6], non seulement les *Arthopyrenia*, mais les *Verrucaria*, types des Verrucariacées, que cet auteur range parmi les Ascohyméniaux : F. Magne [7] a, en effet, décrit une nasse apicale typique chez *Verrucaria muralis* Ach.

2. Sont au contraire des *Pyrénolichens annellascés*, donc probablement aussi des *Ascohyméniaux*, les *Laurera* et *Trypethelium*, types des Trypétheliacées. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces deux genres sont les seuls qu'on puisse rattacher avec quelque certitude aux Sphériales, en donnant à ce terme le sens d'Ascohyméniaux pyrénocarpes, comme le fait R. Santesson.

3. Pour les autres genres, il est encore impossible de se prononcer. Tel est en particulier le cas des Pyrénulacées, que divers auteurs ont rapprochées des Trypéthéliacées, mais au sujet desquelles de nouvelles recherches sont nécessaires.

(1) M. CHADEFAUD, *Ost. Bot. Zeitschr.*, 100, 1953, p. 537.
(2) M. CHADEFAUD, *Revue de Mycologie*, 7, 1942, p. 57 et *Bulletin de la Société mycologique de France*, 71, 1955, p. 323.
(3) *Proceedings of the 7th International Botanical Congress*, Stockholm, 1950, p. 809.
(4) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1950.
(5) *University of Missouri studies*, 24, n° 3, 1951.
(6) A moins toutefois qu'il puisse y avoir des *Nassascés ascohyméniaux*, ce que certaines observations semblent indiquer.
(7) *Revue Bryologique et Lichénologique*, 15, 1946, p. 203.

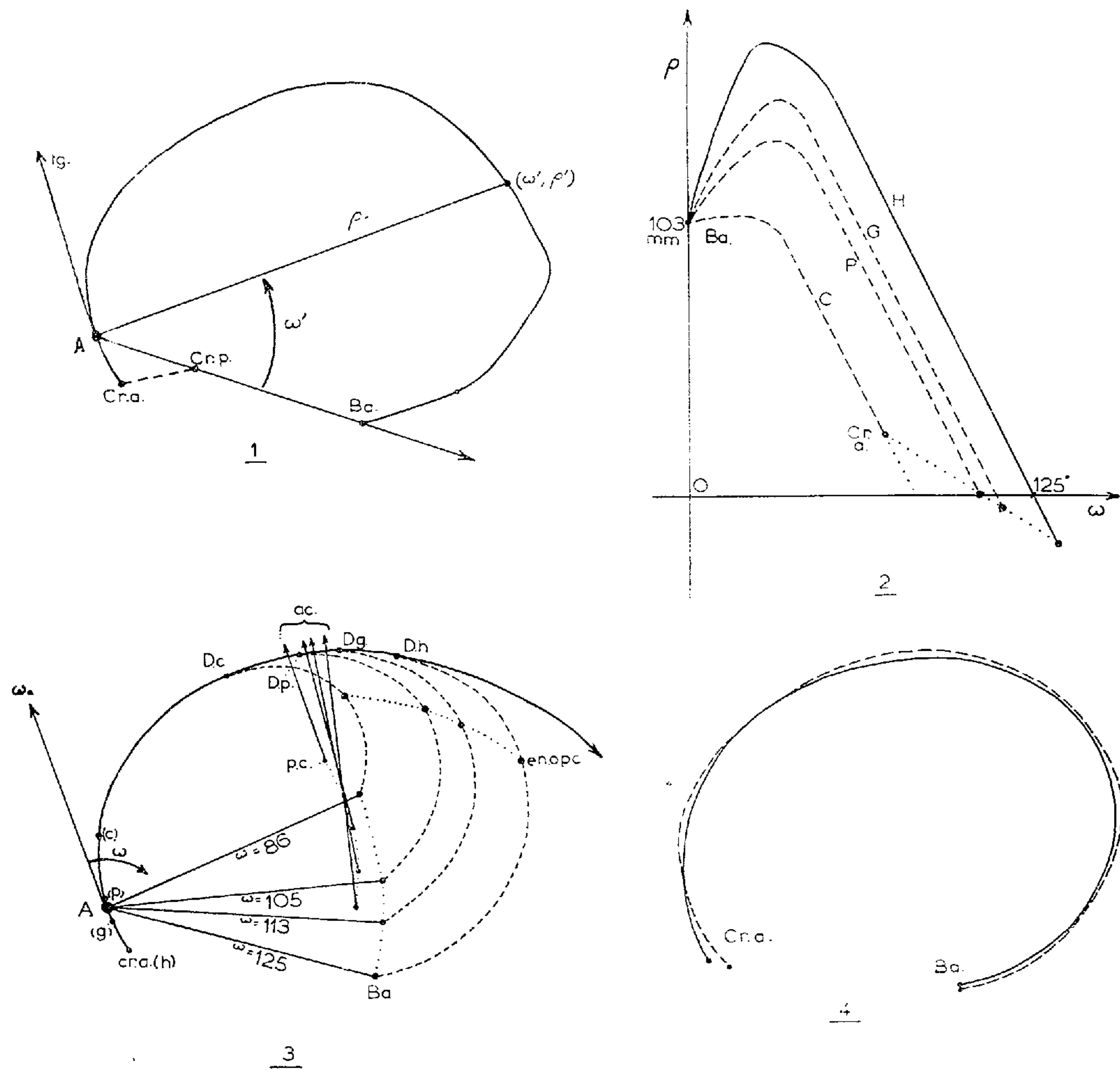
ANATOMIE. — *Formule générale de la courbe endocranienne sagittale des Mammifères*. Note de M. **RAPHAËL FENART**, présentée par M. Robert Courrier.

Une formule générale de l'enroulement du crâne des Mammifères peut être établie à l'aide de coordonnées unipolaires.

La droite obtenue en joignant le point criblé postérieur au Basion coupe la courbe ou son prolongement antérieur en un point A (*fig.* 1) : (Profil humain).

Le point A et la droite précédente étant considérés comme origines *provisoires* d'un système de coordonnées unipolaires, on représente dans un graphique (*fig.* 2) en coordonnées rectangulaires, les variations des coordonnées polaires de la courbe précédente (en traits pleins). On obtient une courbe dont la portion fronto-pariétale est une droite, ce qui permet de conclure que la courbe réelle est partiellement composée d'une spirale d'Archimède. Si l'on recommence avec plusieurs Mammifères adultes : Gorilla, Papio et Canis, dont le crâne a été réduit à une commune mesure de la droite : point A-Basion, les courbes transformées (en tirets) possèdent toutes une portion rectiligne d'inclinaison constante, mais vérifiée à partir d'un point situé plus ou moins bas. Une translation dans la figure 2 permettrait de confondre les portions fronto-pariétales des courbes transformées. Ce qui signifie que les courbes fronto-pariétales réelles, sur crânes réduits à : Basion-Point A commun, se déduisent l'une de l'autre par rotation autour du point A. La spirale d'Archimède commune a été prise de façon que la valeur : A-Basion = 103 mm (valeur humaine moyenne). La position de l'origine *définitive* de la courbe du crâne est donnée par le point A et la tangente au point A à la spirale. La position de la droite Basion-point A par rapport à cette

tangente (origine commune) est donnée pour chaque animal par un angle qui peut se lire directement sur le graphique 2 avec une bonne précision : c'est l'abscisse du point d'intersection de l'axe des abscisses avec la droite fronto-pariérale. Cet angle sera appelé : ω_{Ba}. La portion de la courbe cranienne vérifiant la spirale ira du point criblé antérieur (situé sur le rayon ω_{Cr}) au point dit : de décrochage (sur le rayon ω_{D}).



Pour étudier la partie postérieure de la courbe (au-delà du point de décrochage, et ne répondant plus à une spirale), il a fallu faire, sur les courbes transformées, la différence, pour une abscisse donnée, entre l'ordonnée de la spirale transformée supposée vérifiée, et l'ordonnée de la courbe transformée. Cette différence évolue à la manière d'une portion de parabole. Ces notions transplantées dans la courbe réelle permettent alors d'exprimer la formule générale du crâne, du point de décrochage au Basion.

La formule générale sera exprimée en deux portions.

$$\rho = \Big|_{\omega_{Cr}}^{\omega_D} 2,05\,\omega \Big| + \Big|_{\omega_D}^{\omega_{Ba}} \frac{41\,\omega - (\omega - \omega_D)^2}{20} \Big|.$$

Cette formule, simplifiée à l'extrême, donne les longueurs ρ, en millimètres en fonction d'angles ω en degrés, plus familiers aux Anthropologistes.

Les relations entre les coefficients s'expriment en fonction de la position du Basion :

$$\omega_{Cr} = -0,57\,\omega_{Ba} + 62,5 \qquad \text{et} \qquad \omega_D = \omega_{Ba} - \sqrt{41\,\omega_{Ba} - 2060}.$$

L'endopisthocranion se trouve sur le rayon : $\omega = \omega_D + 20,5$.

La position vestibulaire de la courbe est donnée par : l'Acrion (situé sur la spirale) :

$$\omega_{Ac} = 0,128\,\omega_{Ba} + 45$$

et le point « central » (p. c.) des axes vestibulaires, par ses coordonnées :

$$\omega_{p.c.} = 0,871\,\omega_{Ba} + 1,1 \qquad \text{et} \qquad \rho_{p.c.} = -0,128\,\omega_{Ba} + 109.$$

A titre indicatif, ω_{Ba} qu'il suffit de déterminer pour connaître le reste, est de : 125 pour Homo, 113 pour Gorilla, 105 pour Papio, 86 pour Canis, etc.

La figure 3 montre cet « enroulement spiral » de la courbe (portion spirale en trait plein). Pour appliquer la formule aux Ongulés, il faudrait changer les coefficients.

Les courbes théoriques sont très proches des courbes vraies. La figure 4 montre la superposition du profil humain théorique avec celui du profil moyen, donné par Papillault, de 20 crânes de Parisiens.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Du rôle complexe des stimuli lumineux dans le comportement de* Blattella germanica. Note de M. **Michel Goustard**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans un travail antérieur [1], j'ai montré que la réaction à la lumière de la Blatte présente les caractéristiques d'un tropisme négatif : orientation photonégative, et vitesse de locomotion proportionnelle au logarithme de l'intensité lumineuse.

Cependant, les conditions de l'environnement, en particulier la structure du champ que parcourt l'Insecte, peuvent entraîner la dissociation des deux déterminismes d'orientation et d'excitation : l'Insecte photonégatif, après avoir présenté une taxie négative, progresse dans un gradient lumineux croissant si la structure du champ de parcours est telle qu'il ne peut fuir indéfiniment la lumière. L'objet de cette Note est de préciser le rôle des stimuli lumineux dans cette phase de la réaction.

Le dispositif expérimental est constitué d'une allée droite de 35 cm de long, perpendiculairement à laquelle des allées rectilignes de 7 cm chacune sont disposées face à face, et à égale distance les unes des autres; l'ensemble est éclairé par une lampe de puissance variable, placée à 25 cm de hauteur au-dessus de l'une des extrémités du champ de parcours. On obtient ainsi un gradient d'éclairement dans lequel la Blatte progresse.

La lumière excite l'Insecte, et cette excitation croît proportionnellement au logarithme de l'intensité lumineuse. Elle est produite par la lumière incidente, par la lumière réfléchie par l'espace de parcours et son environnement. Cette réaction n'est pas déterminée par la stimulation d'un récepteur spécifique; c'est la réponse à une excitation globale de l'organisme.

En outre, la lumière guide la Blatte de deux façons différentes. D'abord, au niveau du gradient local. Ce mode de réaction ne dépend pas de la valeur absolue de l'intensité lumineuse, mais de la répartition relative des éclairements. Son déterminisme est complexe : toute exclusion par ablation ou vernissage d'un organe sensoriel, tel que les antennes, les yeux, les ocelles, ou la sensibilité extra-oculaire perturbe la réaction, laquelle dépend d'un équilibre général dans les diverses sensibilités, extéroceptive et proprioceptive.

De plus, la lumière oriente la Blatte à distance, par le jeu d'un conditionnement. Le déterminisme de l'ajustement sensorimoteur du comportement dépend de l'association de la lampe et de l'abri obscur, et sur le plan du mécanisme physiologique, de l'excitation du complexe oculo-ocellaire. L'apprentissage se produit tardivement si l'abri n'est pas placé sous la lampe; il est très rapide dans le cas contraire. L'association de la lampe et de l'abri est donc primordiale; elle possède certaines caractéristiques qui permettent de déterminer le caractère spécifique de l'apprentissage de la Blatte.

En effet, lorsqu'on déplace simultanément, au cours des expériences successives, la lampe et l'abri obscur, de telle manière que la répartition relative des éclairements ne subisse aucune modification, sauf une inversion de part et d'autre de l'allée droite, l'apprentissage ne se réalise que pour 15 % des sujets; dans 85 % des cas, aucun apprentissage sensorimoteur significatif ne se réalise.

Ces expériences permettent d'établir le rôle joué par la lumière et par l'environnement dans la régulation du comportement de la Blatte. La dissociation des processus d'orientation et de la réaction locomotrice est un phénomène fondamental, signalé par Grison ([2]) chez le Doryphore, Insecte photopositif. Ce fait présente une grande importance pour la théorie générale du phototropisme, puisqu'il semble que l'impulsion motrice orientée ne puisse se confondre avec la photocinèse.

Elles précisent également le rôle directeur de la lumière. La réaction

de la Blatte rappelle une télotaxie, c'est-à-dire un mouvement orienté vers une source de stimulation comme si celle-ci était un but, à cette différence que cette orientation est due à un conditionnement, et un skototactisme ou réaction à la différence d'albédo.

La lumière joue un rôle de signal; toutefois la réponse sensori-motrice déclenchée et orientée par les stimuli lumineux n'est pas déterminée par la simple association de la lampe et de l'abri, mais par l'ensemble des stimuli du champ spatial de parcours et de son environnement. A cet égard, l'ajustement sensori-moteur ou apprentissage chez la Blatte rappelle un apprentissage de position plutôt qu'un apprentissage de réponse au sens où l'École américaine entend ce terme.

Enfin, les sujets se répartissent en deux groupes principaux; ce fait indique que la discrimination sensorielle varie suivant les Insectes, et que les variables de l'environnement jouent au même titre que la lumière dans la réaction de la Blatte aux stimuli externes.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1517.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 77, p. 174-195.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Étude du phototropisme de* Triphæna pronuba *L.* (*Lépidopt.* phalænidæ). *Mise en évidence d'un seuil minimum de réaction.* Note de M. **Claude Dufay**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons cherché à étudier l'influence de l'éclairement en lumière blanche sur le phototropisme d'une Noctuelle très commune : *Triphæna pronuba* L.

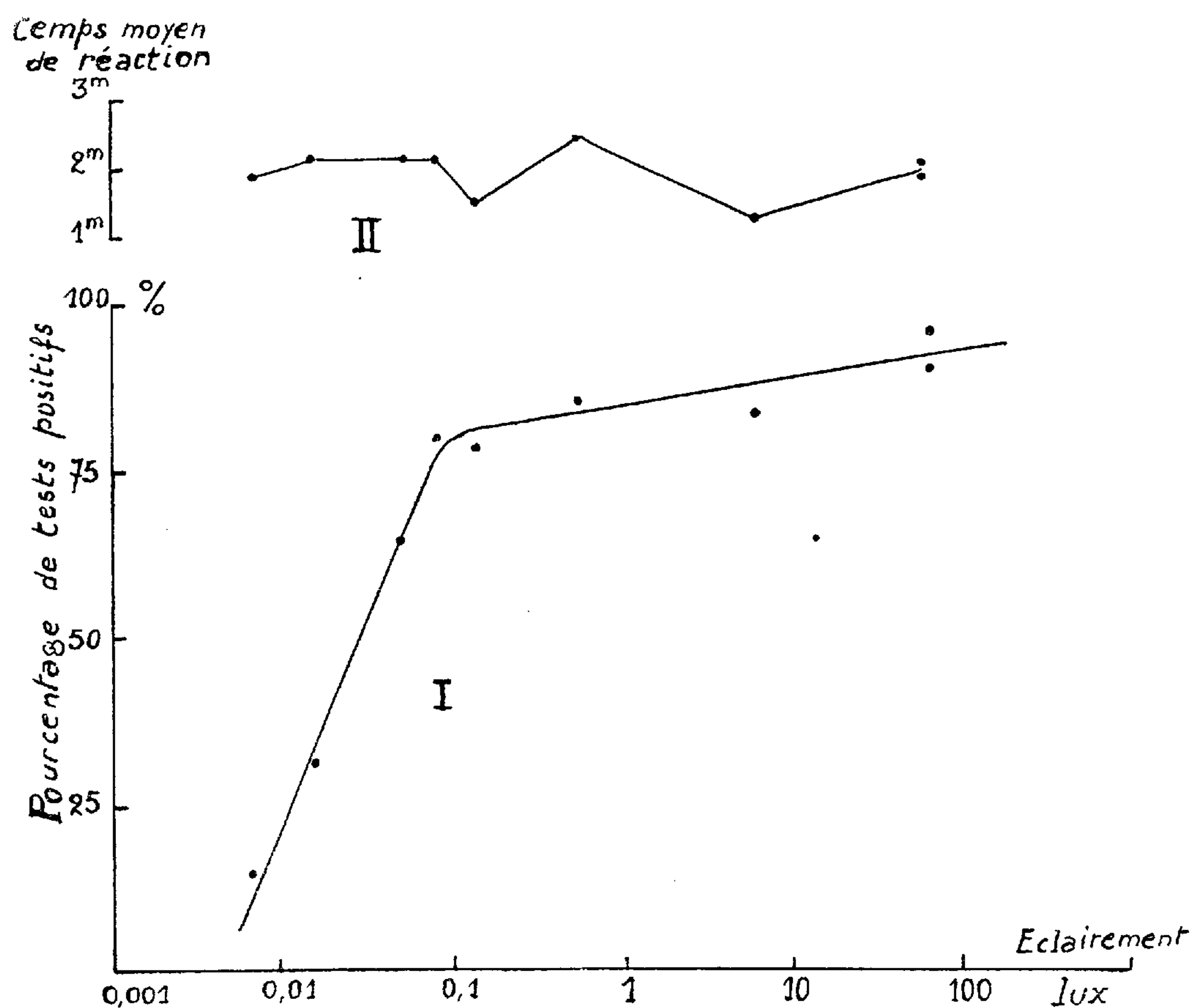
Une lampe à filament de tungstène (6 V, 40 W) placée dans une boîte opaque au foyer d'une lentille collimatrice de 9 cm de diamètre, envoie à 7 m un faisceau parallèle dans une cage noircie de $60 \times 80 \times 50$ cm, grillagée sur deux côtés, vitrée sur les deux autres. Des gélatines neutres permettent de faire varier l'éclairement du faisceau dans le rapport de 1 à 10 000 sans modifier sensiblement la température de couleur de la lampe, voisine de 2 270°K. Les courbes de transmission de ces filtres ont été tracées avec un spectrophotomètre photoélectrique : les facteurs de transmission varient très peu entre 0,45 et 0,70 μ; ils diminuent vers l'ultraviolet (où l'émission de la lampe est très faible) et augmentent brusquement vers l'infrarouge entre 0,7 et 0,8 μ. Mais nous avons vérifié que la Noctuelle réagit peu ou pas du tout à cette région spectrale.

Les éclairements produits au niveau du grillage de la cage sont évalués en lux par comparaison avec celui d'une lampe étalon de 1 cd.

Avant d'être soumis à un test, chaque Papillon, capturé peu de temps auparavant, est isolé et laissé au repos à l'obscurité totale pendant une durée constante de 5 à 7 h. Nous avons constaté en effet, en faisant varier ce temps,

que la photostimulation et le temps de réaction en dépendent étroitement et qu'ils présentent un optimum après un séjour à l'obscurité de 3 à 10 h. Chaque Noctuelle ne sert jamais à deux tests successifs. Tout autre stimulus que la lumière du faisceau est évité. Toutes les expériences sont faites à une température constante entre 20 et 21°, et au même moment de la journée.

Il existe des variations individuelles considérables dans le comportement photocinétique de ce Lépidoptère, comme cela a souvent été signalé pour tous les animaux dont les réactions ont été étudiées avec précision. Pour un même éclairement, certains individus ne présentent aucune réaction phototropique, d'autres au contraire subissent une photostimulation intense. Tous les intermédiaires entre ces cas extrêmes se rencontrent. Le temps de réaction varie aussi.



Le test est considéré comme positif quand la Noctuelle, introduite en un endroit invariable de la cage, en dehors du faisceau lumineux, vole dans le faisceau ou s'immobilise sur la partie éclairée du grillage de la cage. En pratiquant un nombre élevé d'expériences, il est possible d'établir la proportion des

tests positifs par rapport au nombre total des tests. La moyenne des temps de réaction peut, elle aussi, être alors calculée.

Pour un éclairement E du faisceau compris entre 70 et 0,07 lux environ, la proportion des tests positifs reste à peu près constante, supérieure ou égale à 80 % (*voir* le graphique 1, établi sur 180 expériences). Au-dessous de 0,07 lux, le pourcentage baisse rapidement et tombe à 25 % à 0,007 lux. Il existe donc une valeur critique de l'éclairement du faisceau, de l'ordre de 0,1 lux, au-dessous de laquelle le phototropisme devient bien moins fréquent. Ce seuil de réaction phototropique n'est d'ailleurs pas absolu, puisque certains individus réagissent encore à un éclairement dix fois plus faible. Il est bien supérieur à celui qu'a obtenu G. Richard (1) sur les larves du Termite *Calotermes flavicollis* Fab. : 0,015 lux.

Mais le stimulus lumineux commence à agir sur la Noctuelle lorsqu'elle est placée en dehors du faisceau de lumière, où elle ne reçoit que la lumière diffusée par la partie éclairée du grillage de la cage. Des mesures faites avec une cellule photoélectrique ont montré que l'éclairement E' à l'endroit où elle est introduite, est environ 350 fois plus petit que E. La valeur qui correspond à l'éclairement critique E = 0,1 lux est donc voisine de E' = 0,0003 lux, soit de l'ordre de grandeur de l'éclairement produit sur un plan horizontal par le ciel nocturne sans lune.

Le graphique 2 montre que le temps moyen de réaction, mesuré sur les Papillons phototropiques, ne varie pas d'une manière significative en fonction de l'éclairement dans les limites étudiées.

(1) *Thèse*, Paris, 1951, p. 519.

NUTRITION. — *Analyse des manifestations de l'anabolisme gravidique par l'étude du foie et du contenu utérin. Cas des régimes pauvres en azote.* Note (*) de Mlle **Geneviève Bourdel** et M. **Raymond Jacquot** (1), présentée par M. Robert Courrier.

Lorsque l'apport d'azote est limité au taux de l'entretien, l'importance numérique des portées est réduite, mais les fœtus survivants sont normaux du point de vue poids et composition. La gestation se solde alors sans perte ni profit pour la mère. Au contraire, celle-ci réalise un bénéfice important si on élimine les fœtus en laissant en place les placentas vivants.

Comme nous l'avons précédemment démontré (2), la présence de placentas fonctionnels est nécessaire et suffisante au maintien de l'anabolisme gravidique qui se manifeste en dépit de conditions nutritionnelles défavorables. Pour mettre en évidence les facultés anabolisantes des gestantes, nous avions jusqu'ici fait appel à la méthode des bilans. Il

nous a semblé intéressant d'analyser la répartition azotée dans l'organisme maternel en fonction de la présence ou de l'absence des fœtus.

Une vingtaine de rattes adultes (200 g environ) et primipares sont mises en bilan et nourries *ad libitum* pendant 15 jours afin de déterminer leur besoin azoté d'entretien. Après quoi elles reçoivent pendant six semaines une ration d'azote correspondant à ce besoin, les autres éléments du régime étant alloués *ad libitum*. Puis les rattes sont accouplées et réparties en quatre lots :

Lot I. — Gestation normale : ablation de deux fœtus, le reste de la portée étant laissé en place; ces animaux sont des gestantes véritables ayant subi un choc opératoire comme les lots suivants.

Lot II. — Dissociation fœto-placentaire : ablation de tous les fœtus en laissant en place tous les placentas.

Lot III. — Dissociation fœto-placentaire et castration.

Lot IV. — Interruption de gestation par ablation de l'œuf entier.

Les animaux sont sacrifiés au 21e jour après l'accouplement. L'analyse porte sur la teneur en azote du foie, de l'utérus et de l'œuf entier (fœtus, liquides et placentas) dans le lot I, ou des placentas dans les lots II et III.

Foie. — Les résultats sont les suivants :

Lots.	Poids vif (g) (*).	Poids du foie (g).	Poids du foie pour 100 g de poids vif (g).	N pour 100 g de foie frais (g).	N total du foie pour 100 g de poids vif (mg).
I...............	248	8,875	2,79	2,70	96,6
II...............	227	8,795	3,87	2,86	111
III..............	223	7,960	3,56	2,73	97,4
IV..............	208	6,559	3,15	3,26	102

(*) Fœtus et placentas compris.

Alors que la gestation détermine chez la ratte largement ravitaillée en azote une augmentation importante de la masse hépatique, il n'en est pas de même si l'apport d'azote est strictement limité au taux de l'entretien. Les gestantes du lot I ont un foie dont le poids a augmenté, mais le rapport biométrique Poids du foie/Poids vif n'est pas accru; au contraire, il est plus faible que normalement. Par là même, le potentiel azoté hépatique est faible, ce qui concorde avec les données du bilan qui montrent que, compte tenu de l'azote nécessaire à l'édification des produits de la conception et au développement de l'utérus, les rattes du lot I n'ont retenu à leur propre bénéfice qu'environ 16 mg d'azote en 21 jours (2). Si on élimine les besoins du fœtus (lot II), l'anabolisme gravidique maintenu par la présence des placentas s'inscrit au niveau du foie par un gain d'azote marqué tant en valeur absolue que relative (les bilans indiquent pour la mère un gain net

de 158 mg de N pour 21 jours). Les animaux castrés du lot III avaient un foie gras manifeste; on sait, en effet, que les œstrogènes jouent le rôle de facteur « lipotrope » en cas de déficience azotée ([3]); toutefois les bilans indiquent pour la mère un gain net de 65 mg de N pour 21 jours. Les résultats du lot IV sont difficiles à interpréter puisque le poids relatif du foie diminue alors que sa teneur en azote est élevée. En corrélation avec cette dernière observation, les bilans montrent une importante rétention d'azote au cours des douze premiers jours de la gestation. L'ablation de l'œuf ramène les bilans à l'équilibre azoté, mais le gain réalisé précédemment demeure acquis.

Fœtus et annexes. — Dans le lot I le poids moyen des portées (fœtus, liquides, enveloppes et placentas) est de 16,178 g. Or, l'augmentation du poids vif des mères atteint 30 g. D'autre part, les portées contiennent en moyenne 238 mg d'azote, alors que les mères en retiennent environ 254 mg au cours de la gestation (bilan interrompu pendant 48 h après l'intervention). Même en cas de restriction azotée, l'anabolisme gravidique est assez puissant pour faire face aux dépenses afférentes à l'édification des portées sans toucher à l'intégrité des tissus maternels. Cependant la carence protidique n'est pas sans effet sur le sort des embryons : la moyenne des implantations dénombrées au moment de l'intervention était de 11 alors qu'en fin de gestation la moyenne des fœtus vivants était de 3,4. La pauvreté du régime en azote conduit donc à un pourcentage élevé de résorption *in utero*, ce qui est un phénomène déjà connu ([4]), ([5]). Le poids moyen de l'œuf entier est de 4,816 mg (valeurs extrêmes : 4,501 et 5,06) et sa teneur en azote de 71,1 mg (valeurs extrêmes : 60,3 et 79,3), valeurs conformes à celles trouvées précédemment chez des mères largement ravitaillées en azote, soit respectivement 5,02 g et 78,1 mg ([6]).

C'est à nouveau la preuve que la restriction d'azote ne s'inscrit pas sur le poids et la teneur en azote des fœtus, mais se manifeste sur leur nombre.

Dans les lots II et III, la dépense azotée représentée par les placentas vivants est minime : 26 mg pour le lot II et 57 mg pour le lot III. Dans ce dernier lot (dissociation et castration) les placentas sont beaucoup plus gros; c'est un fait connu et signalé par plusieurs auteurs ([7]). Cependant l'enrichissement en azote de ces placentas est inférieur à leur accroissement pondéral (teneur en N par gramme de placenta : 27,1 mg dans le lot II; 18,2 mg dans le lot III). Il ne s'agit donc pas d'une croissance vraie correspondant à une proétinogenèse plus intense.

Utérus. — Dans les lots I, II et III, le poids de l'utérus augmente avec une forte prépondérance pour le lot I (gestantes vraies), soit en moyenne : 3 g dans le lot I, 1,4 g dans le lot II et 1,3 g dans le lot III alors que le poids de l'utérus de la ratte au repos est de l'ordre de 0,5 g. Les teneurs

en azote par gramme de tissu frais sont respectivement de 22, 23 et 21 mg, contre 22 mg au repos sexuel. On peut donc conclure à une croissance vraie.

Conclusions. — Quand on limite l'apport azoté au taux de l'entretien, la restriction d'azote, bien qu'influençant le nombre des portées, ne retentit ni sur le poids et la teneur en azote des fœtus, ni sur l'intégrité des tissus maternels. La gestation se solde alors sans perte ni profit pour la mère. Bien que modeste, le besoin azoté du fœtus est prioritaire et les réserves protidiques que la gestante peut accumuler en vue de la lactation sont entièrement fonction de l'apport alimentaire. Au contraire, la mère réalise un bénéfice important si on élimine les fœtus en laissant en place les placentas vivants. Dans ces conditions l'anabolisme gravidique se traduit par un accroissement de la masse hépatique qui correspond à une véritable réserve d'azote et cela malgré des conditions nutritionnelles défavorables.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) Avec la collaboration technique de Mme M. A. de Saintaurin.

(2) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 310.

(3) *Arch. of Biochem.*, 22, 1949, p. 108.

(4) *New England J. Med.*, 209, 1933, p. 1105.

(5) *Contr. Embryol. Carnegie Inst.*, 11, 1920, p. 91.

(6) *Arch. Sc. Physiol.*, 10, 1956, p. 173-193.

(7) *J. Endocrin.*, 9, 1953, p. 68.

CYTOLOGIE. — *Mise en évidence de l'ergastoplasme dans les leucophagocytes d'un Insecte* Gryllus domesticus (*Orthoptère,* Gryllidæ). Note de M. **André Berkaloff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Parmi les constituants de la cellule, il en est de constants, tels le noyau, les mitochondries, l'appareil de Golgi, et d'autres, transitoires, dont la présence est liée à un état fonctionnel de la cellule. Ceci est notamment le cas de l'ergastoplasme, ou reticulum endoplasmique mis pour la première fois en évidence par Garnier en 1897 (1), (2) qui en fit une étude remarquable, étant donné les moyens dont il disposait et observa, notamment, les relations étroites existant entre cette formation cytoplasmique et le noyau.

Cette découverte sombra, ou presque, dans l'oubli, et ce sont les travaux récents de l'école de Ch. Oberling (1951, 1952, 1953) (3), (4), (5) et de G. E. Palade (1952) (6), F. S. Sjöstrand (1953, 1954) (7), (8), exécutés à l'aide du microscope électronique qui ont permis de comprendre la véritable structure de cette formation.

L'ergastoplasme, tel que l'avait vu Garnier en microscopie optique, est formé de lames basophiles groupées en faisceaux ou enroulées en sphères généralement au voisinage même du noyau, ce sont les *Nebenkern* des auteurs allemands, ou *parasomes*.

Les premières images d'ergastoplasme (*pro parte*) obtenues par Oberling et ses collaborateurs entre 1951 et 1953, et par Palade (1952) ([6]) furent interprétées par leurs auteurs comme correspondant à des structures fibrillaires. C'est plus tard seulement que l'ergastoplasme fut reconnu comme étant composé de lames en relation avec des granules osmiophiles (grains de Palade).

A notre connaissance, l'ergastoplasme n'a, jusqu'à présent, été observé que chez les Vertébrés, plus particulièrement dans les glandes exocrines.

Nous croyons avoir mis, pour la première fois, cette structure en évidence, grâce au microscope électronique, dans des phagocytes de *Gryllus domesticus* faisant partie d'un nodule phagocytaire. Dans certaines de ces cellules, en effet, occupant la majeure partie du cytoplasme, s'observent des lamelles de 200-250 Å d'épaisseur, sur lesquelles, ou à proximité desquelles, se trouvent de nombreux granules très osmiophiles de 150 à 200 Å de diamètre. Dans le cytoplasme, on observe plusieurs piles de lames dont l'ensemble correspond aux *Nebenkern* classiques et dont le contour est souvent parallèle à celui de la membrane nucléaire (*Pl. I, fig.* 1).

Ces lames sont limitées par deux membranes, plus osmiophiles que leur contenu, distantes l'une de l'autre de 200 à 250 Å sur la majeure partie de leur parcours.

En de nombreux endroits, on observe cependant des renflements (*cisternæ*) le plus souvent terminaux (*Pl. I, fig.* 1 et 2). Les lames sont souvent anastomosées entre elles.

De très fins granules (150 à 200 Å de diamètre) sont accolés aux lames. Ces grains se trouvent à l'extérieur des membranes limitant les lames, et non, comme dans certains autres cas décrits, à l'intérieur de celles-ci. A proximité des structures lamellaires on observe souvent des grains isolés ou groupés (*Pl. I, fig.* 2 à droite). En d'autres endroits des masses osmiophiles à contours irréguliers sur lesquelles se trouvent des amas de grains nous semble correspondre à des coupes tangentielles de lames ergastoplasmiques. Les grains peuvent affecter à leur surface des dispositions régulières rappelant les « rosettes » de Palade.

Dans le cytoplasme, au voisinage des *Nebenkern*, sont parfois disposés de gros grains ellipsoïdaux (800 mμ sur 600 mμ) (*Pl. II, fig.* 3), fortement osmiophiles. Sont-ils en relation avec l'activité de l'ergastoplasme? Il est difficile pour le moment de répondre à cette question.

Signalons encore la présence, en certains points, de groupes de vésicules de 300 à 600 Å de diamètre dont la signification nous échappe.

La présence chez *Gryllus domesticus* d'un ergastoplasme en tous points comparable à celui des cellules sécrétrices des Vertébrés montre qu'il s'agit là d'une formation dont la présence est certes inconstante, mais qui, lorsqu'elle existe, conserve un aspect identique dans des groupes zoologiques très divers.

Un second point sur lequel nous désirons attirer l'attention est que l'ergastoplasme n'ayant été décrit jusqu'à présent que dans des cellules sécrétrices de Vertébrés il semble probable que les cellules phagocytaires de *Gryllus domesticus* dans lesquelles nous venons de le mettre en évidence aient également une activité sécrétrice. Cette opinion, implicitement admise depuis longtemps, trouve de la sorte un nouvel argument en sa faveur.

(1) GARNIER, *Bibliographie Anatomique*, 1897.

(2) GARNIER, *Journal d'Anatomie et de Physiologie*, **36**, 1900, p. 22-89.

(3) W. BERNHARD, A. GAUTIER et C. OBERLING, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 566-569.

(4) W. BERNHARD, F. HAGUENAU, A. GAUTIER et C. OBERLING, *Z. Zellforsch.*, **37**, 1952, p. 281-300.

(5) C. OBERLING, W. BERNHARD, A. GAUTIER et F. HAGUENAU, *Presse Méd.*, **61**, 1953, p. 719.

(6) G. E. PALADE, *J. Exp. Med.*, **95**, 1952, p. 285.

(7) F. S. SJÖSTRAND, *Nature*, **171**, 1953, p. 31.

(8) F. S. SJÖSTRAND, *Exp. Cell. Res.*, **7**, 1954, p. 393.

LÉGENDES DES FIGURES.

PLANCHE I.

Fig. 1. — Cellules phagocytaires de *Gryllus domesticus* à un faible grossissement : × 20 000 (direct × 8 000). Au centre, le noyau *N*, entouré par les *Nebenkern*, dont les lames, plus ou moins fragmentées, conservent néanmoins une orientation assez régulière par rapport au noyau. Remarquer, sur la droite, quelques granules osmiophiles (grains de sécrétions en relation avec l'ergastoplasme ?).

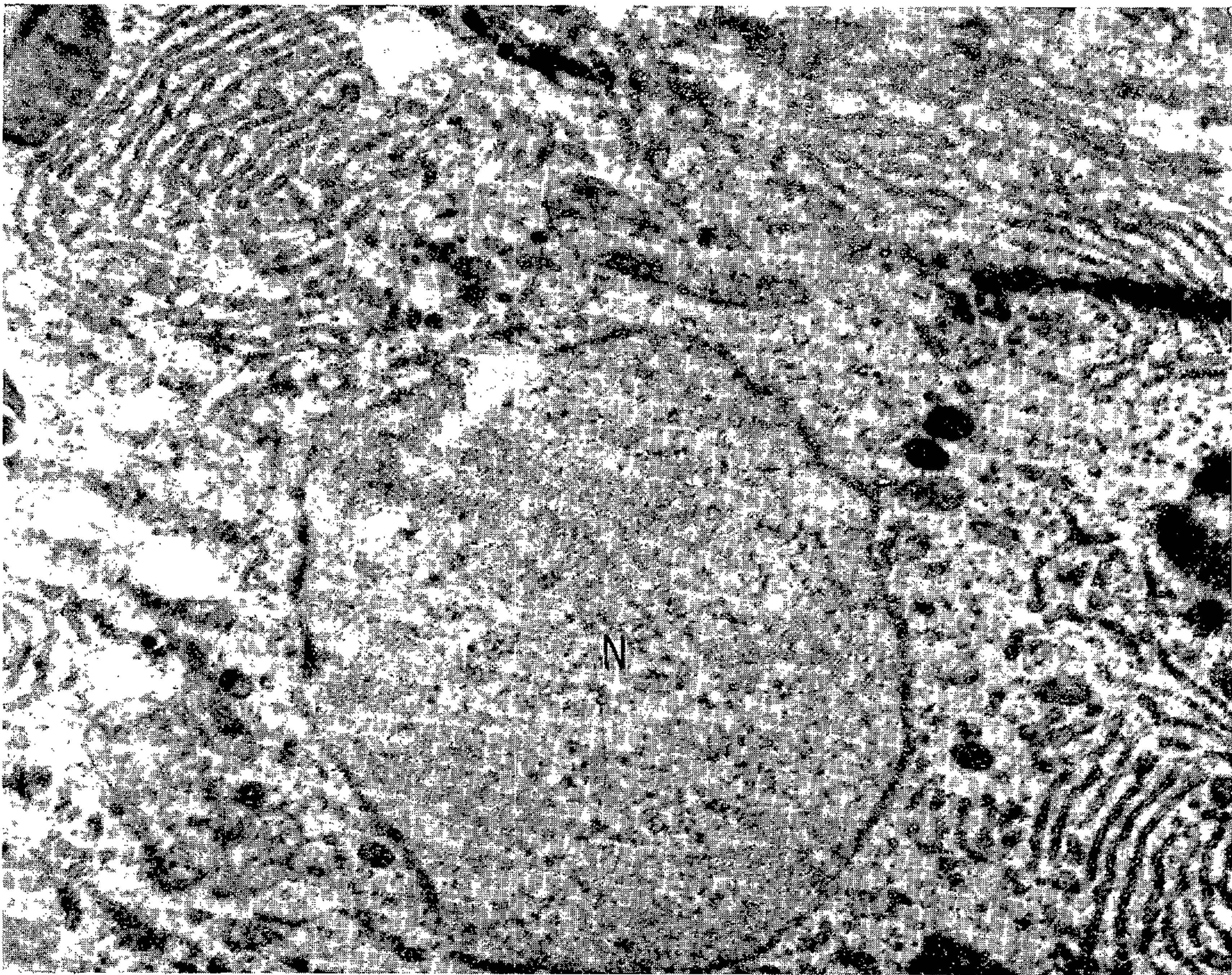
Fig. 2. — Portion agrandie d'un parasome de la cellule précédente : × 44 000 (direct × 17 300). En de nombreux points, les lames ergastoplasmiques sont dilatées à leur extrémité (*c*). Tout en bas de la micrographie se trouve une portion d'un gros grain de sécrétion osmiophile (*gr*). Remarquer sur la droite les très nombreux grains dispersés dans le cytoplasme, et sans rapport, semble-t-il, avec des lames. Sur la droite également, entre les deux flèches, s'observent quelques vésicules dont les parois sont, dépourvues de grains de Palade, et dont la signification nous échappe.

PLANCHE II.

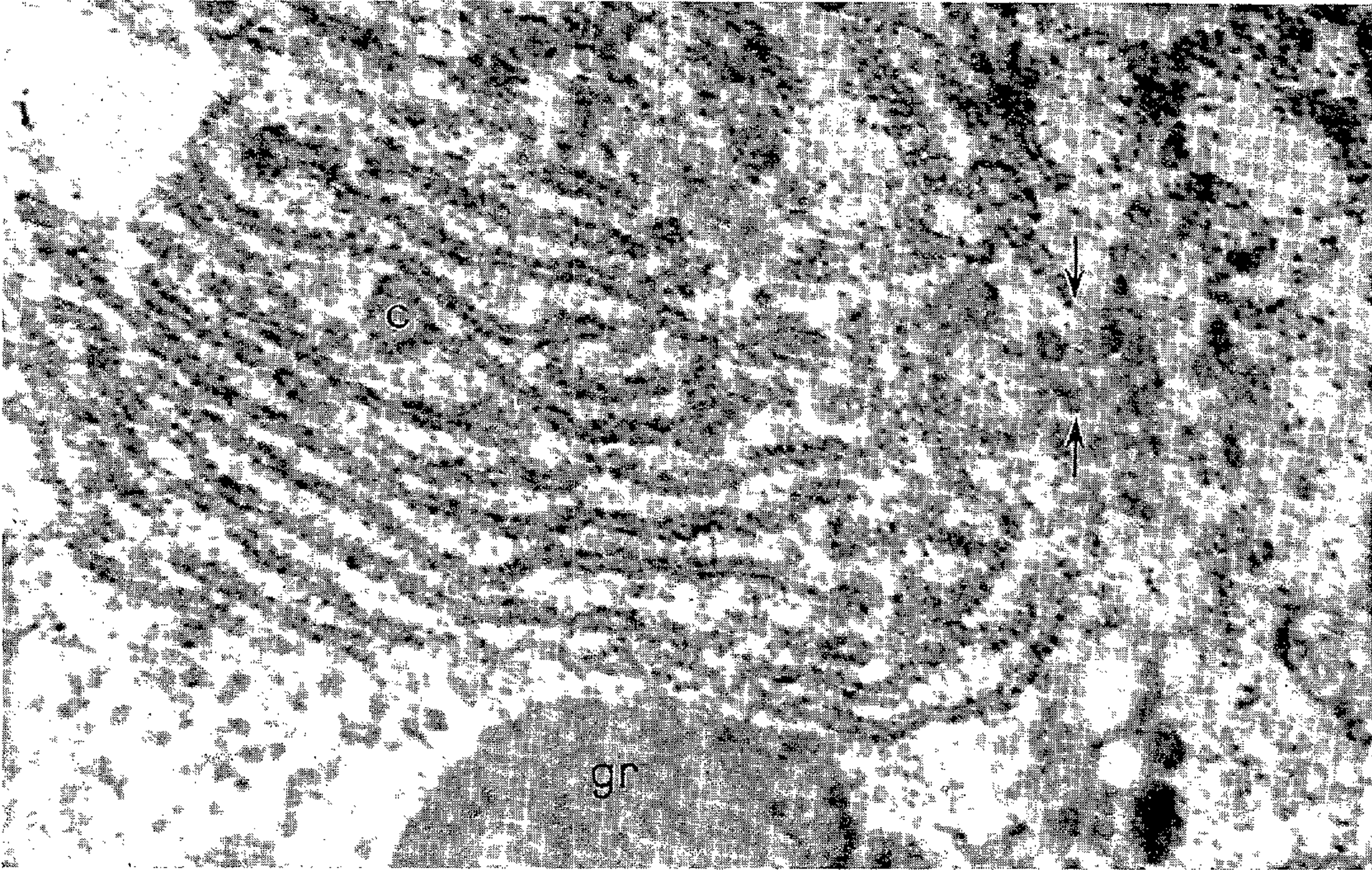
Fig. 3. — Ergastoplasme d'une autre cellule sanguine de *Gryllus domesticus* : × 20 000 (direct × 8 000) Noter l'importance de cette formation qui occupe presque tout le cytoplasme et la présence de gros granules osmiophiles de tailles diverses.

Fig. 4. — Portion plus grossie de la préparation précédente : × 44 000 (direct × 17 300). Les grains de Palade associés aux lames y apparaissent en toute netteté. Vers la droite, des lames, sans doute coupées tangentiellement présentent un contour irrégulier. De nombreux grains y sont accolés, parfois groupés en « rosettes ». Dans le cytoplasme, on observe également des grains épars. En *g*, se voit un gros grain de sécrétion osmiophile entouré de granules de Palade. Peut-être s'agit-il d'un stade intermédiaire de formation des gros grains osmiophiles précédemment décrits. A gauche de *g*, noter la présence de vésicules (entre les deux flèches).

Fig. 5. — Portion très grossie de lames ergastoplasmiques × 75 000 (direct × 30 000). On y observe, les lames limitées par deux membranes osmiophiles et les grains de Palade accolés extérieurement à ces membranes.



1

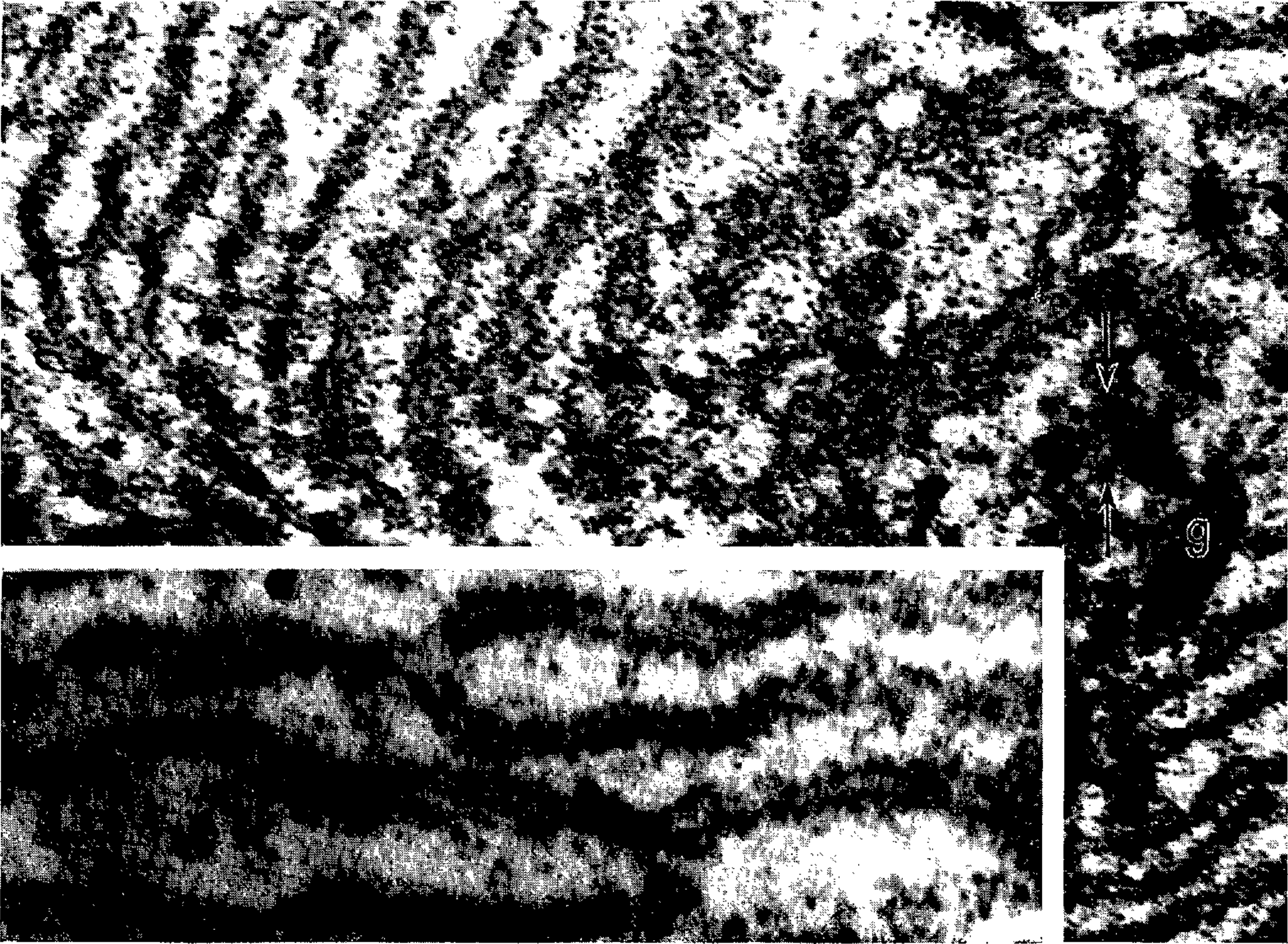


2

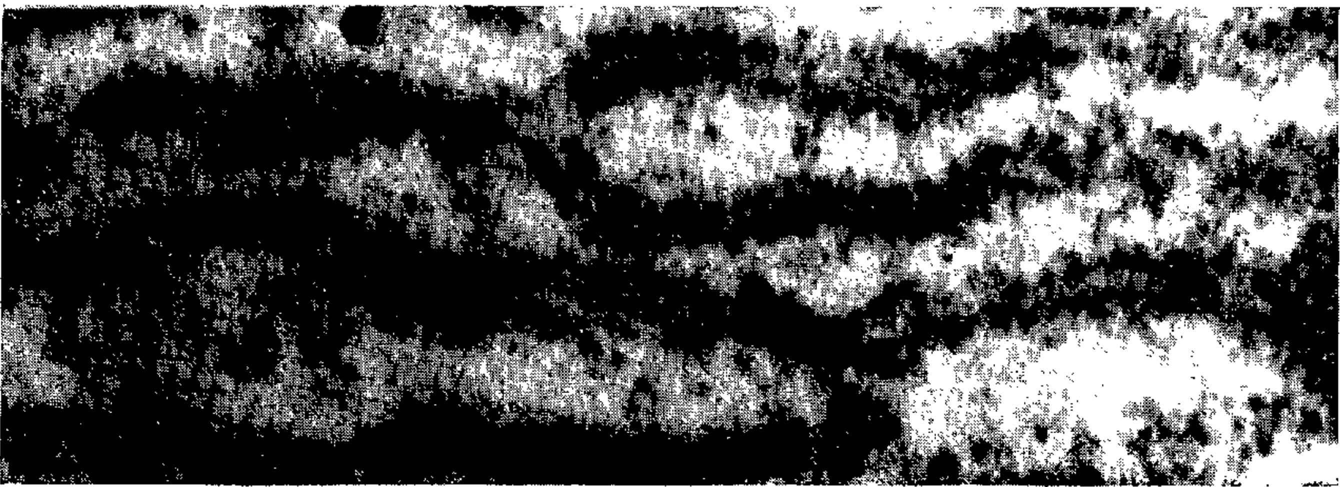
3



4



5



ZOOLOGIE. — *Existence d'une région à épithélium gastrique dans le tube digestif de l'alevin de Gardon* (Leuciscus rutilus *L.*). Note de M. **François Bernard**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On peut mettre en évidence, chez l'alevin de Gardon, une région caractérisée par un épithélium gastrique et servant de point de départ au canal pneumatique. Cette région tend à disparaître au cours de la croissance.

Chez divers Cyprinides adultes, où l'absence d'estomac est bien connue, certains auteurs ont constaté la présence, dans la zone limite entre pharynx et intestin, de cellules spéciales, plus ou moins rares et isolées, différentes des cellules intestinales typiques, mais appartenant à un épithélium simple. Ces cellules, brièvement signalées chez *Campostoma* par M. D. Rogick [1] et chez *Cyprinus carpio* par E. Curry [2], ont été interprétées par M. Rauther, chez *Squalius* et *Carassius* [3], comme pouvant être les restes d'un ancien territoire gastrique.

Au cours de recherches sur l'organogenèse du tube digestif chez le Gardon, il est apparu qu'une région gastrique se formait chez le jeune alevin. Cette région est particulièrement différenciée dans les alevins de 14 à 15 mm, qui, pêchés environ un mois après l'éclosion, ont achevé depuis deux semaines au moins la résorption du vitellus et s'alimentent activement; ils possèdent un tube digestif d'environ 6 mm décrivant déjà une courte boucle au milieu de l'intestin.

Des coupes transversales sériées montrent en effet l'existence de trois régions dans la portion antérieure du tube digestif. La région la plus antérieure comporte un épithélium stratifié, renfermant de grandes cellules à mucus, claires et vacuolaires, et représente le pharynx qui est muni d'une épaisse musculature striée. La région postérieure est un intestin caractéristique, avec une musculature lisse très mince et un épithélium constitué de cellules cylindriques à plateau apical strié, dont le cytoplasme finement granuleux contient un noyau presque médian. A ce stade, cet intestin conserve à son début l'aspect embryonnaire d'un territoire en voie de prolifération : les cellules caliciformes y sont très rares, et les cellules cylindriques y sont peu différenciées et claires, mais nettement reconnaissables. Entre les deux régions précédentes, il existe une région intermédiaire, recouverte par un épithélium simple dont les cellules, cylindriques, ont un noyau tout à fait basal, et un bord apical mince, bombé par un bouchon muqueux homogène qui remplit la moitié supérieure du cytoplasme : ce sont des « cellules à bouchon » caractéristiques de l'épithélium gastrique. Par contre, il n'y a ni glandes ni pylore. La coloration par l'Azan-bleu de Heidenhain met particulièrement bien en évidence

cette zone intermédiaire qui tranche par ses bouchons muqueux colorés en bleu vif sur les régions pharyngienne et intestinale, toutes deux nettement plus claires.

Le maximum d'extension (et de différenciation) de cette zone à épithélium gastrique s'observe sur la ligne médiodorsale du tube digestif : elle remplit là un sillon bien marqué et, chez un alevin de 14,5 mm, elle atteignait une longueur totale de 162 μ.

Le canal pneumatique se détache de ce sillon dorsal un peu en arrière de son milieu. De part et d'autre de la moitié antérieure du sillon dorsal gastrique, l'épithélium pharyngien s'étend en arrière et remplit deux profondes cryptes latérales symétriques, bordées par des plis longitudinaux, tandis que les « cellules à bouchon » gastriques recouvrent un pli médioventral, sur une longueur toutefois moins grande que dans le sillon dorsal. A ce stade, lorsque le canal pneumatique va se détacher, l'épithélium simple à bouchons muqueux recouvre la totalité d'une coupe transversale du tube digestif. En arrière, l'épithélium intestinal clair apparaît d'abord à la base du pli médioventral sous le départ du canal pneumatique; il gagne ensuite toute la surface du tube digestif en s'élevant progressivement en oblique sur les flancs et atteint la ligne médiodorsale 40 à 50 μ en arrière du canal pneumatique.

Plus tard, au cours de la croissance, la région pharyngienne s'étend vers l'arrière et occupe le territoire gastrique qui disparaît progressivement. Chez les alevins de 22 mm on ne trouve plus d'épithélium gastrique que dans le canal pneumatique; et, en arrière du départ de ce canal, on voit s'affronter en biseau une région pharyngienne dorsale à paroi épaisse et une région intestinale ventrale à paroi mince.

L'étude de l'alevin de *Leuciscus rutilus* semble donc autoriser les conclusions suivantes :

1° Il apparaît nettement chez l'alevin de Gardon une région à épithélium gastrique, courte mais bien différenciée, sans glandes, homologue de la vésicule progastrique que nous avons précédemment mise en évidence chez l'alevin de Truite (4).

2° Le canal pneumatique naît chez le Gardon, comme chez la Truite, à partir de la vésicule progastrique, et possède un épithélium du type gastrique.

3° Il n'existe pas, au contraire de la Truite, en arrière du canal pneumatique, de zone de bourgeonnement, et il ne se développe donc pas, par la suite, un véritable estomac glandulaire.

(1) *J. Morphol.*, 52, 1931, p. 1-25.
(2) *J. Morphol.*, 65, 1939, p. 53-78.
(3) *Bronns Tierreich*, 6 Bd, 1 Abt, 2 B., Echte Fische, 1940
(4) F. Bernard, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2407.

ENTOMOLOGIE. — *De la présence de chimiorécepteurs sur la tarière de* Philotrypesis caricæ *L.* (Hym. Chalcidiens Callimomidæ). Note de M. **Kuttamathiathu J. Joseph**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que *Philotrypesis caricæ* L., parasite [(1) à (4)] de *Blastophaga psenes* L., pond ses œufs dans les jeunes ovaires de *Ficus carica* L. où *Blastophaga psenes* L. a déjà déposé ses œufs en même temps qu'il a injecté un peu de la sécrétion de la glande acide. Pour déposer ses œufs, *Philotrypesis caricæ* L. procède en trois temps : 1° recherche d'un endroit favorable à l'intromission de la tarière; 2° percement de la paroi de la figue et intromission de la tarière dans l'ovaire; 3° ponte. Dans la recherche de l'endroit favorable à la pénétration de la tarière, les antennes jouent un rôle important et explorent la surface de la figue. Le premier et le second temps dépendent de la nature des sensations olfactives reçues par les antennes. Le résultat de ces sensations se manifeste par l'érection de la tarière et son enfoncement dans la paroi de la figue et dans l'ovaire. En utilisant des hôtes expérimentuax tels que les figues cultivées et des figues sauvages, dont les ovaires n'hébergent pas d'œuf de *Blastophaga psenes* L., on peut expliquer le fait que ces sensations ne conduisent pas à la ponte. Bien que les parasites introduisent leur tarière dans ces hôtes expérimentaux, on ne rencontre jamais d'œuf.

Les facteurs qui font qu'un ovaire est capable d'héberger l'œuf de parasite sont : 1° la présence d'un œuf de *Blastophaga psenes* L.; 2° la sécrétion de la glande acide de *Blastophaga psenes* L. qui provoque dans le jeune ovaire une multiplication cellulaire fournissant ainsi la nourriture à la larve qui se développe. Il semble en fait que le second facteur soit plus important que le premier, car la larve de *Philotrypesis caricæ* L. n'est pas entomophage, mais phytophage [(1) à (4)]. Elle tire de l'endosperme de l'ovaire une nourriture primitivement destinée à la larve de *Blastophaga psenes* L. A aucun stade de son développement larvaire, l'Insecte ne se nourrit de la larve de *Blastophaga psenes* L., comme c'est le cas des Insectes entomophages. Certains ovaires que nous avons pu examiner contenaient un œuf de *Blastophaga psenes* L. non éclos et le dernier stade larvaire de *Philotrypesis caricæ* L. Il semble toutefois que le parasite préfère déposer ses œufs dans un milieu où sa larve sera assurée de la nourriture.

Le parasite n'entre en contact avec l'ovaire que par sa tarière. Des organes des sens localisés à ce niveau doivent nécessairement renseigner *Philotrypesis caricæ* L. sur la discrimination à faire entre un bon et un mauvais ovaire. Une étude détaillée de la tarière a montré la présence de sept sensilles campaniformes près de l'extrémité des deux valves ventrales. Des organes sensoriels de ce type ont déjà été décrits sur la tarière

de plusieurs Insectes. Les observations de G. Salt ([5]) semblent prouver qu'il existe une réception d'ordre chimique au niveau de la tarière. Il pense qu'un facteur non encore déterminé renseigne le parasite *Trichogramma* sur la possibilité d'une infestation antérieure. D. C. Lloyd ([6]) et G. C. Varley ([7]) ont émis l'hypothèse que la tarière pouvait être sensible à un stimulus provenant de l'hôte. V. G. Dethier ([8]) a démontré sur l'Hyménoptère parasite *Nemeritis canescens* que l'action d'une solution salée produisait sur la tarière en érection une réponse caractéristique.

Le « facteur interne propre à l'hôte » qui permet à *Philotrypesis caricæ* L. de faire la discrimination entre un ovaire favorable à la ponte et un mauvais ovaire est certainement d'ordre chimique. Le produit de la glande acide injecté par *Blastophaga psenes* L. dans l'ovaire de *Ficus carica* L. stimule les sensilles des extrémités des valves ventrales de la tarière de *Philotrypesis caricæ* L. En l'absence d'autres organes des sens sur la tarière, on conclut à l'activité de ces sensilles comme organes chimiorécepteurs.

([1]) G. Grandi, *Boll. Lab. Zool. Portici*, 15, 1921, p. 52-53, 82-85 et 185-187.
([2]) G. Grandi, *Rivista di Biologia*, 5, 1923, p. 9-11.
([3]) G. Grandi, *Boll. Lab. Ent. Bologna*, 3, 1930, p. 16-26, 45-49 et 179.
([4]) K. J. Joseph, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1624.
([5]) *Proc. Roy. Soc. London*, 122, 1937, p. 57-75.
([6]) *Proc. Roy. Soc. London*, 128, 1940, p. 451-484.
([7]) *Parasitology*, 33, 1941, p. 47-66.
([8]) *J. Exp. Zool.*, 105, 1947, p. 199-207.

BIOLOGIE. — *Existence de spermatophores chez les Symphyles.* Note de Mme Lisianne Juberthie-Jupeau, transmise par M. Albert Vandel.

Jusqu'à ce jour nous ne possédions aucune donnée sur le mode de fécondation des Symphyles. Nous avons élevé individuellement des *Scutigerella immaculata* ([1]) adultes des deux sexes dans des boîtes de Pétri garnies d'argile maintenue humide, et nous avons remarqué l'existence de spermatophores déposés sur le substrat des boîtes contenant des mâles.

L'examen des spermatophores a été fait entre lame et lamelle dans du liquide de Ringer ou après montage au polyvinyl-lactophénol pour l'étude de la morphologie. Les colorations à l'hémalun et au vert de méthyle-pyronine après fixation sur lame au liquide de Carnoy, la triple coloration de Prenant (variante de Gabe et Prenant) et la réaction nucléale de Feulgen et Rossenbeck après fixation aux vapeurs osmiques ont été employées pour l'étude cytologique du contenu des spermatophores. Des *Scutigerella* adultes ont été fixées au liquide de Bouin, débitées en coupes sériées de 7,5 μ et colorées à la triple coloration de Prenant afin d'observer la formation des spermatophores.

Chaque spermatophore (*fig.* 1) comprend trois parties : 1° un pédicelle grêle, de 1,5 mm environ de longueur, implanté sur le substrat par une base relativement large; il diminue régulièrement de diamètre jusqu'à son extrémité distale en présentant toutefois un léger renflement dans sa portion subapicale, à partir duquel il est légèrement incurvé vers le bas; 2° une tête sphérique, collante, surmontant le pédicelle, de 0,2 mm de diamètre, formée d'une très mince enveloppe renfermant une grande quantité de mucus à l'intérieur duquel sont les spermatozoïdes; 3° un granule parfaitement sphérique de 25 μ de diamètre, faisant saillie à l'intérieur de la tête, au point d'attache de celle-ci avec le pédicelle.

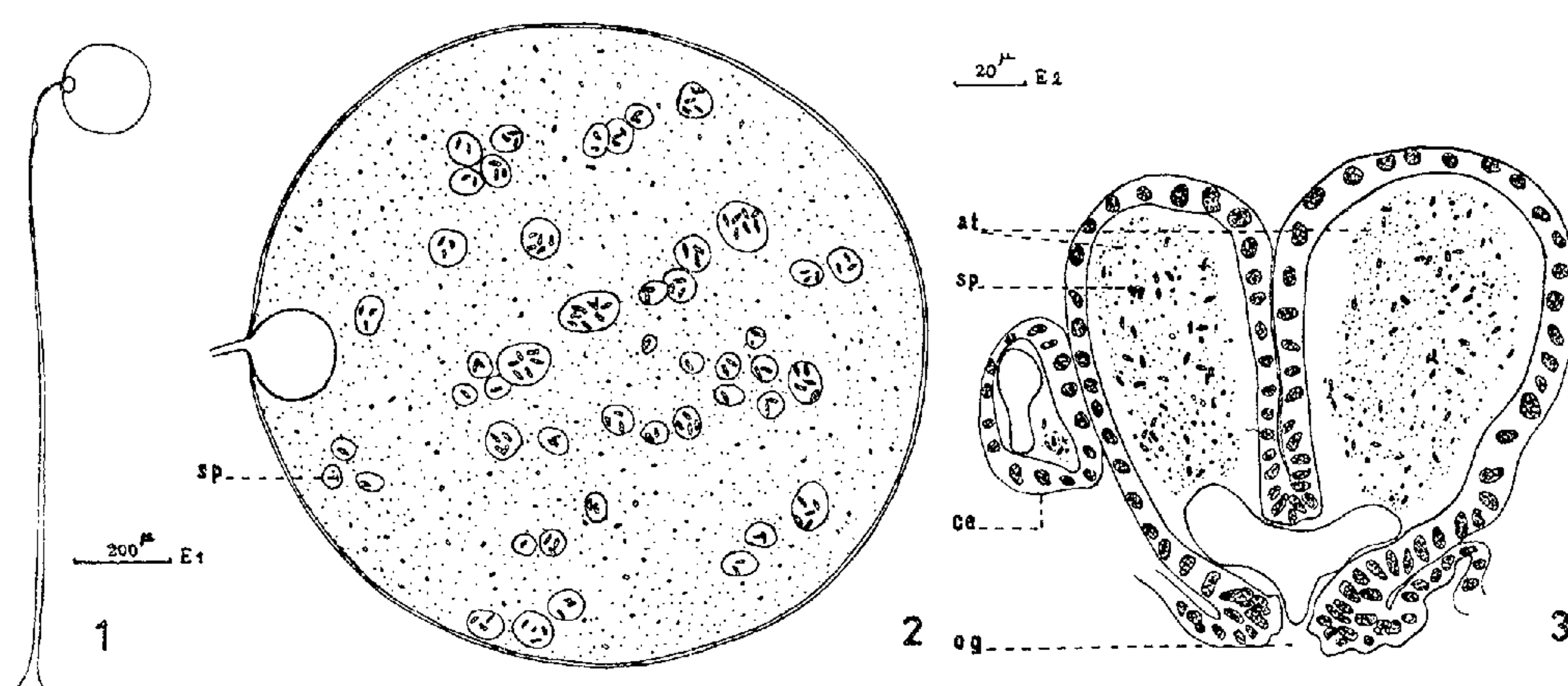


Fig. 1. — Spermatophore.

Fig. 2. — Détail de la tête et de son contenu.

Fig. 3. — Coupe transversale de la région antérieure de l'appareil génital; *at*, atrium génital; *ce*, canal éjaculateur; *og*, orifice génital; *sp*, spermatozoïde.

Échelles des figures : 1 = E_1; 2 et 3 = E_2.

Le spermatophore des Symphyles, très simple au point de vue morphologique, se rapproche de ceux décrits chez les Campodées ([2]), les Collemboles ([3]) et les Oribates ([4]).

Le pédicelle et le granule semblent être de même nature et présentent sensiblement les mêmes affinités tinctoriales; ils se colorent en gris rosé par l'hématoxyline de Groat de la triple coloration de Prenant et en rose violacé par la pyronine.

La tête du spermatophore renferme plusieurs éléments (*fig.* 2) : un liquide finement granuleux occupant la totalité de la cavité; des granulations de taille et de forme variables, homogènes ou non (dans certains spermatophores ces granulations sont constituées par une partie qui reste pratiquement incolore tandis que l'autre prend fortement l'éosine); les spermatozoïdes, enfin, au nombre de 100 à 150 par spermatophore, enrobés

soit isolément, soit par groupes de 2 à 10, dans des boules d'une substance fortement réfringente, colorable en brun clair par l'hématoxyline.

L'étude de coupes sériées de mâles adultes nous a montré dans les testicules et les vésicules séminales, les canaux éjaculateurs et l'atrium génital, des spermatozoïdes identiques à ceux que renferme la tête du spermatophore; ils ne sont pas, toutefois, inclus dans des boules réfringentes mais disséminés au sein d'une substance éosinophile qui semble identique à celle qui remplit la tête du spermatophore. Une substance de même affinité tinctoriale que celle du pédicelle et du granule se retrouve dans les canaux éjaculateurs sous forme de flaques et dans l'atrium génital sous forme de deux masses globuleuses, soit séparées par la cloison médiane, soit coalescentes au niveau de l'ouverture génitale sous le bord de la cloison, libre à cet endroit (*fig.* 3).

L'émission des spermatophores, qui peut avoir lieu en l'absence de la femelle, se produit au milieu d'une intermue et se poursuit pendant plusieurs jours, consécutifs ou non; un même animal est capable d'émettre jusqu'à 24 spermatophores à raison de 1 à 8 par jour. Il est vraisemblable que la femelle peut capter la tête du spermatophore mais il ne nous a pas été possible jusqu'ici d'observer ce phénomène.

(1) Cette espèce a été déterminée selon les critères de la systématique actuelle; la variabilité de certains caractères morphologiques, jointe à des remarques biologiques, nous portent à croire que deux formes ou deux espèces sont confondues sous ce vocable et nous conduiront à réviser les espèces françaises du genre dans un travail ultérieur.

(2) SCHALLER, *Naturwissenschaften*, 41, 1954, p. 406-407.

(3) SCHALLER, *Ibid.*, 39, 1952, p. 48.

(4) PAULY, *Ibid.*, 39, 1952, p. 572-573.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Déterminisme de l'apparition des larves estivales de* Periphyllus (Aphidinæ). Note de M. **LUCIEN BONNEMAISON**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'apparition des larves estivales des Purerons du *G. Periphyllus* est conditionnée par un facteur interne; la durée de la diapause est sous la dépendance de la photopériode.

Les *Periphyllus* existant en France se développent tous sur les *Acer*; deux espèces communes : *P. testudinatus* Thornton et *P. aceris acericola* Wlk. ont sensiblement la même biologie : elles se nourrissent des feuilles d'*Acer pseudoplatanus* L., et se caractérisent par des larves « estivales » qui ont une morphologie très particulière.

Les fondatrices de *P. aceris acericola* (1) deviennent adultes à partir du début d'avril et donnent naissance à des *fundatrigeniæ apteræ* et surtout

alatæ. A partir du 5 mai, en moyenne, ces deux formes engendrent parfois une seconde génération de virginipares, mais, plus souvent, exclusivement des larves estivales qui restent en diapause jusqu'à la fin de juillet ou le début de septembre (certaines d'entre elles ne reprennent pas leur croissance); ces larves deviennent des sexupares qui produisent des mâles et des femelles sexuées. Une faible proportion de larves morphologiquement identiques aux larves estivales reprennent leur développement à partir du début de juin et deviennent des virginipares aptères qui se reproduisent sans interruption et donnent naissance à des sexupares aptères dans le courant du mois d'août.

Les larves estivales naissent donc lorsque la photopériode est de 14 h 30 et la température moyenne de 12°; leur diapause cesse lorsque la photopériode est de 14 h 45 et la température moyenne de 18°; la durée moyenne de la diapause est de 90 jours.

J'ai essayé de modifier le cycle en faisant intervenir diverses photopériodes; tous les essais ont été faits sur des *Acer pseudoplatanus* en pots. Des larves estivales ont été soumises, le lendemain de leur naissance (23 mai), à la lumière naturelle (lot A) ou à une photopériode de 8 h 30 (lot B); dans le lot A, la diapause a cessé entre le 31 juillet et le 29 août (durée moyenne, 57 jours) et, dans le lot B, entre le 8 juin et le 4 juillet (durée moyenne, 25 jours); des larves du lot A exposées à une photopériode de 8 h 30 à partir du 26 juin ont repris leur activité le 4 juillet.

Des photopériodes de 16 h ou de 8 h appliquées aux fondatrices et à leur descendance n'inhibent pas la naissance des larves estivales mais interviennent sur le développement de ces dernières. Sous une photopériode de 8 h, la durée de la diapause n'est que de 12 à 40 jours : les larves estivales deviennent des virginipares aptères qui engendrent d'autres virginipares et 8 générations de virginipares peuvent se succéder jusqu'à la production des sexupares qui a lieu en septembre. Sous la photopériode de 16 h, les larves sont, en règle générale, encore en diapause au moment de la chute des feuilles, c'est-à-dire après plus de 160 jours.

On pouvait supposer que les larves estivales ne pouvaient être produites que par les *fundatrigeniæ apteræ* ou *alatæ*. Une lignée a été constituée avec une fondatrice récoltée en avril 1953; les larves estivales et les générations suivantes ont été exposées à une photopériode naturelle ou mixte de 16-18 h et il a pu être élevé, entre le mois d'août 1953 et le mois de juillet 1956, 39 générations parthénogénétiques qui n'ont produit à aucun moment des larves affectées d'une diapause. Un lot de la 14e génération élevé au début de juillet sous une photopériode de 15 h (lumière artificielle) a produit des larves estivales qui ont repris leur activité 22 jours après leur naissance. Un lot de la 26e génération a été élevé à la lumière naturelle, le 21 avril 1955; il a été observé, à partir du 17 mai un mélange

de larves de virginipares et de larves estivales, mais la croissance de ces dernières a repris 10 à 25 jours après leur naissance. Au printemps de l'année 1956, la lignée a été élevée à la lumière naturelle; il n'a pas été noté de larves estivales.

Des résultats similaires ont été obtenus avec *P. testudinatus* : de jeunes Érables porteurs d'œufs d'hiver ont été placés en décembre dans une serre. Sous l'éclairement naturel il a été observé des larves estivales, à partir du 23 février et la croissance de ces larves a repris le 24 mars; la durée de la diapause a donc été d'un mois. Des larves estivales obtenues le 30 mars, dans un lot éclairé 16 h par jour et placées, le lendemain de leur naissance, sous une photopériode de 8 h 30, ont commencé à redevenir actives le 27 avril, mais 75 % des larves étaient encore en diapause le 22 juin. Enfin des larves estivantes, nées au début d'avril et placées sous une photopériode de 16 h ou à la lumière naturelle étaient encore en diapause le 20 septembre.

Ces expériences montrent que les larves estivales, qui sont normalement de jeunes sexupares, peuvent devenir des virginipares si les conditions de milieu sont légèrement modifiées. La durée de la diapause est conditionnée par la photopériode; elle est facilement rompue lorsque celle-ci est courte.

L'apparition des larves estivales des *Periphyllus* est liée à un facteur interne similaire à celui qui a été signalé pour le déterminisme des formes sexupares chez d'autres *Aphidinæ* ([2]); comme dans ce dernier cas, ce facteur peut être éliminé, après plusieurs années de reproduction parthénogénétique.

([1]) D. Hille Ris Lambers, *Tijdschrift V. Entom.*, 1947, p. 225-242.
([2]) L. Bonnemaison, *Ann. Inst. Rech. Agron.*, Série Épiphyties, 1951, p. 1-380.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Existence d'un organe analogue à la « glande androgène » chez un Pagure et un Crabe.* Note de M[me] **Hélène Charniaux-Cotton**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez le mâle d'*Orchestia gammarella* (Crustacé Amphipode), j'ai décrit une paire de « glandes androgènes » accolées à la région subterminale des canaux déférents. Des expériences d'ablation et de greffe ont prouvé que ces glandes sont la source exclusive de l'hormone responsable de la différenciation des caractères sexuels primaires et secondaires mâles ([1]). Elles constituent le premier exemple d'un tissu sécréteur d'hormone sexuelle, séparé de la gonade et individualisé en glandes.

Les autres renseignements sur le déterminisme hormonal des caractères

sexuels chez les Crustacés concernent les Isopodes terrestres : de Lattin et Gross ([2]) et J.-J. Legrand ([3]) ont constaté que les testicules implantés dans des femelles sont capables d'induire la différenciation des caractères sexuels secondaires mâles. Legrand estime que le tissu endocrine est le « tissu sertolien » ([4]).

Devant une telle différence entre deux Ordres voisins, il est intéressant d'étudier d'autres Crustacés. Deux Décapodes ont été examinés : un Pagure, *Clibanarius misanthropus* (Risso) et un Crabe, *Carcinus mænas* (L.).

Chez *Clibanarius misanthropus*, un organe vermiforme d'environ 0,5 mm de long est accolé à la fois à la région subterminale du canal déférent et au nerf qui innerve la gaine musculaire de ce dernier; l'accolement est discontinu, certaines portions paraissant libres. L'organe n'est pas formé d'un tronc unique mais par endroits est divisé longitudinalement, les deux parties s'enroulant parfois l'une autour de l'autre. Les caractères histologiques sont très voisins de ceux de la glande androgène. Sur coupes transversales, suivant le niveau, on observe un ou deux amas de cellules. Ces amas sont plus ou moins circulaires. Les noyaux, d'un diamètre de 6 à 7 μ, sont surtout disposés à la périphérie. Les limites cellulaires sont assez bien marquées. Le cytoplasme présente un aspect vacuolaire. Le diamètre des plus petites sections de l'organe mesure approximativement 20 μ, celui des plus grandes dépasse 100 μ.

A la région subterminale du canal déférent de *Carcinus mænas* adhère un organe de dimension assez importante puisqu'il mesure 7 mm de long chez un mâle de 7 cm de large. Il est également vermiforme mais présente de nombreuses circonvolutions dont certaines sont accolées au canal déférent. Son diamètre assez régulier est de 35 μ. La structure histologique est semblable à celle de l'organe décrit chez le Pagure.

En conclusion, chez le Décapode Anomoure : *Clibanarius misanthropus* et le Décapode Brachyoure : *Carcinus mænas* existe une paire d'organes dont la situation et les caractères histologiques sont analogues à ceux des glandes androgènes d'*Orchestia gammarella*. A ma connaissance, jusqu'ici ils n'ont été ni signalés ni décrits. Des expériences d'ablation et de greffe sont en cours d'exécution; elles permettront de justifier ou d'infirmer l'homologation de ces organes aux glandes androgènes.

([1]) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 780 et **240**, 1955, p. 1487; *Ann. des Sc. nat., Zool.* **18**, 1956, p. 305-310.

([2]) *Experientia*, **9**, n° 9, 1953, p. 338-339.

([3]) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 2030; **239**, 1954, p. 321.

([4]) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 120.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Biosynthèse de la vitamine* A *chez* Gambusia holbrooki, *Grd.* Note (*) de MM. **René Grangaud**, **Pierre Vignais**, Mlle **Renée Massonet** et M. **Jean-Pierre Moatti**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une étude antérieure ([1]), ([2]), il a été établi que l'astaxanthine (3.3'-dihydroxy-4.4'-dicéto-β-carotène), devait être considéré comme une provitamine A pour *Gambusia holbrooki* Grd. L'administration de ce caroténoïde à des gambouses carencés en axérophtol provoque en effet la formation de vitamine A décelable dans l'intestin, le foie et les yeux. Mais, dans ces expériences, il n'avait pas été recherché si la vitamine synthétisée était uniquement la vitamine A_1 (rétinol) ou si la vitamine A_2 (déhydro-rétinol) était également présente.

Le but de ce travail a été d'élucider cette question et de tenter en même temps de préciser la cinétique et les étapes de la transformation de l'astaxanthine en vitamine A.

Première expérience. — 807 gambouses (♂ et ♀) ont été soumis pendant 12 jours au régime carencé en vitamine A ([1]), puis 300 sujets (150 ♂ et 150 ♀) ont été sacrifiés et les vitamines A_1 et A_2 ont été recherchées et dosées dans les intestins, les foies et les yeux par la réaction de Carr et Price, technique cinétique, les absorptions étant mesurées respectivement à 620 et 693 mμ au spectrophotomètre de Beckman. Les résultats suivants (exprimés en unités internationales de vitamines par gramme de tissu frais) ont été obtenus :

	Vitamine A_1.	Vitamine A_2.
Intestins	Néant	Néant
Foies	12 U. I.	5 U. I.
Yeux	23 U. I.	6 U. I.

Les 507 gambouses restants ont alors reçu pendant les 15 jours suivants le même régime auquel avait été en outre incorporé un extrait huileux d'astaxanthine. Ils ont été ensuite sacrifiés. Les dosages de vitamines ont fourni les valeurs suivantes :

	Vitamine A_1.	Vitamine A_2.
Intestins	13 U. I.	6 U. I.
Foies	25 U. I.	17 U. I.
Yeux	38 U. I.	Traces

Cette expérience établit donc que l'administration d'astaxanthine provoque la néoformation à la fois de vitamine A_1 (rétinol) et de vitamine A_2 (déhydro-rétinol).

Deuxième expérience. — 600 gambouses mâles ([3]) ont été soumis pendant 8 jours au régime carencé. Au bout de ce temps, 150 animaux ont

été sacrifiés. La vitamine A_1 n'était plus décelable dans l'intestin; il subsistait des traces non dosables de vitamine A_2. Les 450 sujets restants, partagés en trois lots de 150, ont alors reçu un repas abondant unique du régime carencé surchargé en astaxanthine et ont été sacrifiés respectivement 2, 3 et 7 h après le repas. Les vitamines A_1 et A_2 ont été recherchées et dosées dans l'intestin.

Les résultats suivants ont été enregistrés :

	Vitamine A_1.	Vitamine A_2.
Lot I..................	néant	néant
Lot II.................	11 U. I.	néant
Lot III................	5 U. I.	traces

Ces résultats montrent que la vitamine A_1 apparaît en quantité importante 3 h après l'administration d'astaxanthine et que la concentration passe par un maximum pour décroître ensuite rapidement.

Au cours de cette étude cinétique, une partie aliquote de l'extrait éthéropétrolique du lot I a été chromatographiée sur alumine (microcolonne de 5 mm de diamètre, alumine d'activité II). Cette opération a mis en évidence la formation d'un pigment caroténoïde dont le comportement chromatographique évoquait le β-carotène, mais la quantité en était trop faible pour permettre une tentative d'identification.

Troisième expérience. — 630 gambouses femelles ([4]) ont reçu pendant 23 jours le régime synthétique carencé. Après que, sur 150 animaux, l'absence des vitamines A_1 et A_2 dans la muqueuse intestinale ait été vérifiée, les 480 gambouses restants ont été partagés en trois lots égaux et ont reçu un repas unique du régime surchargé en astaxanthine puis ont été sacrifiés 3 h plus tard. Le repas du lot II a été décalé de 1 h et celui du lot III de 2 h par rapport à celui du lot I; les animaux sacrifiés ont été maintenus à 0° C et les intestins ont été immédiatement immergés dans l'alcool refroidi au fur et à mesure de la dissection. Ces précautions ont été prises pour éviter que ne se prolongent au-delà des 3 h fixées les phénomènes enzymatiques. La totalité des intestins des trois lots réunis (5,150 g) a été saponifiée et l'insaponifiable a été repris par l'éther de pétrole. La solution a été lavée à l'eau, séchée sur sulfate de sodium anhydre et chromatographiée sur alumine d'activité II. Le développement du chromatogramme par l'éther de pétrole additionné de 0,5 ‰ de méthanol a permis d'isoler un pigment migrant lentement et de la même façon que le β-carotène. Après élution, le pigment purifié par une seconde chromatographie a révélé un spectre comparable à celui du β-carotène bien que légèrement décalé vers les courtes longueurs d'ondes (maximum principal à 448 mμ dans l'éther de pétrole). Par chromatographie d'un mélange de la solution éthéropétrolique avec une solution de β-carotène

de même densité optique, on a obtenu après développement une zone unique, ce qui permet d'identifier le pigment étudié au β-carotène.

Conclusions. — De l'ensemble de ces expériences il résulte que l'administration d'astaxanthine à *Gambusia holbrooki* Grd. provoque la néoformation des vitamines A_1 (rétinol) et A_2 (déhydro-rétinol). La vitamine A_1 apparaît la première, ce qui suggère que la vitamine A_2 doit dériver de la vitamine A_1 par déshydrogénation de celle-ci. Enfin, l'isolement de β-carotène au cours de l'étude cinétique du phénomène démontre que la réduction des fonctions oxygénées de la molécule d'astaxanthine précède, dans la muqueuse intestinale de *Gambusia*, la coupure oxydante de la chaîne terpénique.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) R. GRANGAUD et Mlle R. MASSONET, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1087.

(2) R. GRANGAUD et Mlle R. MASSONET, *Arch. Sc. Physiol.*, 9, 1955, p. 245.

(3) Les femelles ont été écartées pour éviter qu'une gestation éventuelle ne puisse apporter une quantité imprévue de vitamine A dans la muqueuse intestinale.

(4) A cause de leur taille relativement grande, les femelles ont été choisies de préférence aux mâles pour cette expérience mais la durée de la carence a été portée à 23 jours pour éliminer la période de gestation.

PHARMACOLOGIE. — *Action des isomères de la thiovaline sur la croissance du Rat blanc.* Note (*) de M. **JACQUES-R. BOISSIER**, présentée par M. Léon Binet.

La *d*-thiovaline, produit obtenu lors du clivage de la pénicilline, possède la même action sur la croissance du Rat que cet antibiotique. Par contre la *l*-thiovaline montre un pouvoir inhibiteur de la croissance. La *dl*-thiovaline ne possède aucune action.

Depuis la découverte du rôle des antibiotiques comme facteur de croissance et leur utilisation dans l'alimentation des animaux, les mécanismes d'action invoqués pour expliquer ce pouvoir eutrophique font intervenir avant tout l'action antibiotique des dérivés utilisés soit qu'ils exercent une influence favorable sur certains germes capables de produire eux-mêmes des facteurs de croissance pour l'animal, soit qu'ils éliminent d'autres germes consommateurs ou destructeurs de facteurs de croissance présents dans le tube digestif. Or, dès 1947, W. Goetsh (2) a montré que le développement des insectes était favorisé par la pénicilline *inactivée*, donc dénuée de tout pouvoir antibiotique. Elam et ses collaborateurs (1), puis J. H. Taylor et W. S. Gordon (3) décrivent l'action favorable sur la croissance du Poussin et du Porc de la pénicilline inactivée. Il semble donc raisonnable de penser que le pouvoir antibiotique n'est pas entièrement responsable de l'action observée sur la croissance.

Nous nous sommes proposé d'étudier si les produits obtenus lors du clivage de la pénicilline G possédaient la même action sur la croissance que la pénicilline elle-même. Nous rapportons dans cette Note les résultats obtenus avec les isomères de la thiovaline ou acide méthyl-3-thiol-3-amino-2-butyrique.

Nous avons sélectionné 200 rats Wistar, pesant 60 g (± 1 g), divisés en cinq lots de 40 animaux (20 mâles et 20 femelles) groupés par cage de cinq. La nourriture et la boisson sont fournies à volonté aux animaux qui sont pesés tous les trois jours :

— Les animaux du lot T servent de témoins;

— Les animaux du lot P reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 79 mg pour 100 g de benzylpénicillinate de sodium;

— Les animaux du lot D reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 30 mg pour 100 g de *d*-thiovaline (sous forme de chlorhydrate);

— Les animaux du lot L reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 30 mg pour 100 g de *l*-thiovaline (sous forme de chlorhydrate);

— Les animaux du lot R reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 30 mg pour 100 g de *dl*-thiovaline (sous forme de chlorhydrate).

L'administration se fait à l'aide d'une sonde œsophagienne. L'expérience est poursuivie pendant 60 jours.

	Nombre de rats						
Lots.	au début.	à la fin.	Poids initial (moyenne).	Poids final (moyenne).	Augmentation.	Augmentation (%).	Augmentation relative.
T	40	37	60 (± 1)	83,6 (± 4)	23,6	40	–
P	40	40	60 (± 1)	103,5 (± 6,5)	43,5	72	44
D	40	37	60 (± 1)	101,7 (± 8)	41,7	70	43
L	40	39	60 (± 1)	69,1 (± 3)	9,1	15	–
R	40	36	60 (± 1)	84,9 (± 7,5)	24,9	41	2

Augmentation relative

$$= \frac{100\ (\text{augmentation moyenne du lot considéré} - \text{augmentation moyenne du lot témoin})}{\text{augmentation moyenne du lot considéré}}.$$

Le tableau ci-joint représente le nombre initial de rats dans chaque groupe, le nombre final d'animaux, la moyenne des poids au début et à la fin de l'expérience, la moyenne de l'augmentation de poids de chaque lot, le pourcentage d'augmentation de poids dans chaque lot et l'augmentation relative par rapport aux animaux témoins :

Les trois isomères de la thiovaline se conduisent d'une manière tout à fait différente. Si en effet l'isomère *d* se conduit très sensiblement comme la pénicilline, produisant une augmentation relative de la croissance de 43 % par rapport aux témoins, l'isomère *l* est un inhibiteur de la croissance. Les rats ayant reçu cet isomère n'ont en effet augmenté que de 15 g %, alors que les témoins, pendant le même temps, augmentaient de 40 g %. Les

effets de ces deux isomères semblent se compenser parfaitement dans le *dl*. L'administration de ce dernier dérivé ne provoque pas en effet une croissance sensiblement différente de celle des animaux du lot témoin.

Nous retiendrons spécialement l'action très voisine de la pénicilline et de la thiovaline; les 30 mg de thiovaline administrés quotidiennement correspondent aux 79 mg de benzylpénicillinate de sodium. Or, c'est l'isomère *d* de la thiovaline que l'on rencontre dans les produits de clivage de la pénicilline, que ce clivage soit produit par la chaleur ou par l'hydrolyse acide. Il semble donc, que chez le Rat, dans les conditions où nous nous sommes placé, il n'y ait aucune relation entre pouvoir antibiotique et action eutrophique. La *d*-thiovaline est en effet dépourvue de toute action bactériostatique; la *l*-thiovaline, par contre, inhibitrice de la croissance chez le Rat possède une légère action antibiotique.

Des recherches ultérieures sont entreprises pour préciser dans quelle mesure les mécanismes d'action de la pénicilline et de la *d*-thiovaline au niveau des métabolismes peuvent s'identifier.

(*) Séance du 8 octobre 1956.
(1) J. F. Elam et coll., *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, 78, 1951, p. 832.
(2) *Osterr. Zoll. Zschr.*, 1, 1947, p. 193.
(3) *Nature* (London), 176, 1955, p. 312.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les propriétés des staphylocoques conservés au contact de substances tissulaires.* Note de MM. **Rémy Richou**, **Raoul Kourilsky** et **Claude Chirol**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans des communications antérieures (1), nous avons montré que les staphylocoques, d'origine humaine ou animale, élaborent les hémolysines α ou β et la gélatinolysine dans des milieux additionnés de leucocytes, de collagène, de plasmas humains et animaux ou de plusieurs de ces substances à la fois. L'addition de plasma a même, dans d'assez nombreux cas, favorisé la toxinogenèse staphylococcique.

Nous basant sur ces résultats, nous avons recherché si les staphylocoques conservés, pendant des temps variables, au contact de ces diverses substances organiques, subissaient des modifications de leurs propriétés toxigènes, pathogènes et enzymatiques.

Des staphylocoques, d'origine humaine ou animale, ont été conservés, pendant des temps variables, dans des tubes à essai renfermant du plasma humain ou animal oxalaté, du collagène, des leucocytes ou un mélange de plusieurs de ces substances, puis ensemencés en milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval (G. Ramon). Après 7 jours de culture à 37°,

en atmosphère de 80 % d'air et de 20 % de CO_2, on filtrait sur bougies Chamberland L_2 ou L_3. Les mêmes staphylocoques, conservés en milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, étaient cultivés dans des conditions semblables et les filtrats de culture obtenus titrés comparativement avec les précédents. On évaluait, d'une part, la dose minima hémolytique (D. M. H.) et la dose test hémolytique (D. T. H.) et, d'autre part, le pouvoir gélatinolytique.

Le tableau ci-dessous rend compte de l'un de nos essais

Temps de conservation.	Mode de conservation.	Souche.	Hémolysine α D. M. H.	Hémolysine α D. T. H.	Gélatinolysine (en unités).
2 mois	R. A. P.	Wood	+1/300 —1/100	+ 0,40	—1
	Plasma bovin	Wood	+1/300 —1/100	+ 0,40	—1
	Plasma cheval	Wood	+1/2000 —1/1000	+0,10 —0,15	—1
	R. A. P.	Bouley	+1/2000 —1/1000	+0,10 —0,15	10
	Plasma bovin	Bouley	+1/2000 —1/1000	0,07	+10 —30
	Plasma cheval	Bouley	+1/2000 —1/1000	+0,05 —0,07	+10 —30
5 mois	R. A. P.	Wood	+1/2000 —1/1000	+0,05 —0,07	+30 —50
	Plasma bovin	Wood	+1/1000 —1/800	+0,15 —0,20	+10 —30
	Plasma cheval	Wood	+1/1500 —1/1200	+0,10 —0,15	+10 —30
	R. A. P.	Bouley	+1/1500 —1/1200	+0,10 —0,15	+10 —30
	Plasma bovin	Bouley	+1/300 —1/100	+0,40	+5 —7
	Plasma cheval	Bouley	–	–	–
9 mois	R. A. P.	Wood	+1/1500 —1/1200	+0,12 —0,15	+3 —10
	Plasma bovin	Wood	+1/1500 —1/1200	+0,15 —0,20	+3 —10
	Plasma cheval	Wood	+1/800 —1/500	+0,20 —0,25	+1 —3
	R. A. P.	Bouley	+1/1000 —1/800	+0,15 —0,20	+10 —30
	Plasma bovin	Bouley	+1/500 —1/300	+0,25 —0,30	+3 —10
	Plasma cheval	Bouley	+1/1000 —1/800	+0,15 —0,20	+10 —30

De l'ensemble de nos expériences — compte-tenu des différences considérables, sur lesquelles nous avons maintes fois insisté avec G. Ramon, et que l'on enregistre habituellement dans la production de la toxine staphylococcique, d'un ballon de culture à l'autre, même lorsque toutes les conditions de culture sont identiques — il résulte que les souches de staphylocoque Wood et Bouley, d'origine humaine, gardent intactes leurs propriétés toxigènes et gélatinolytiques dans les divers milieux utilisés. Il semble même que le plasma humain oxalaté, le collagène, les leucocytes, constituent un milieu conservateur supérieur au milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval.

De même, le pouvoir pathogène des staphylocoques n'est pas atténué lorsque ces germes sont conservés pendant plusieurs mois dans ces différents milieux. Par contre, le plasma de cheval est moins favorable à la conservation des propriétés toxigènes des staphylocoques d'origine canine.

La conclusion pratique qui se dégage de ces recherches est qu'en présence des substances tissulaires, les staphylocoques conservent, in vitro, *leurs propriétés toxigènes. On peut penser qu'il en est de même dans les organismes humains ou animaux qu'ils ont envahis.*

(1) R. KOURILSKY, R. RICHOU et Mme H. RICHOU, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1229; *Revue d'Immunologie*, 19, 1955, p. 392.

VIROLOGIE. — *Culture du virus de la variole sur cultures de tissus.* Note de MM. **ANDRÉ BOUE** et **MARCEL BALTAZARD**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les techniques d'étude expérimentale de la variole se limitent actuellement à l'inoculation à l'œuf incubé et au singe. La technique devenue courante de la culture sur tissus en tubes roulants, telle que nous avons pu la pratiquer au laboratoire de J. Vieuchange, à l'Institut Pasteur de Paris, nous a permis de tenter la culture du virus variolique.

L'appareil, les tubes, le bouchage et la préparation des explants sont ceux décrits par Enders. Comme liquide nutritif nous employons le milieu à la lactalbumine de Melnick : solution d'hydrolysat de lactalbumine (1) à 5 % dans la solution de Hanks, 10 ml; solution de Hanks, 67 ml; liquide amniotique bovin, 23 ml; milieu auquel nous ajoutons : pénicilline, 100 U et streptomycine, 250 μg/ml. Pour éviter les contaminations par des éléments mycéliens, lorsque la suspension virulente est préparée à partir de croûtes, nous ajoutons aux antibiotiques précédents : tétracycline, 50 μg et nystatine, 50 U. Le liquide nutritif est changé tous les quatre à cinq jours en tenant compte du virage du milieu.

Le matériel virulent provient de varioleux en évolution [Kachan, 200 km au Sud de Téhéran, épidémie de l'été 1955; Téhéran, novembre 1955 (cas isolé); Sabzevar, 700 km à l'Est de Téhéran, épidémie du printemps 1956 (2)]. Le matériel a été utilisé soit frais, soit conservé au congélateur à — 25° C.

Le diagnostic de variole a été confirmé au laboratoire par les méthodes classiques : inoculation de liquide de vésicules ou de pustules à la membrane chorio-allantoïdienne d'œufs de poule au 11e jour de l'incubation ; examen des membranes après trois jours; inoculation de liquide de pustules ou de broyat de membranes chorio-allantoïdiennes infectées à la peau du lapin pour éliminer la vaccine. Dans la suite nous avons utilisé la méthode d'identification des virus par la neutralisation par les immunserums, décrite plus loin.

Les suspensions virulentes utilisées sont préparées soit à partir d'effilures contenant du liquide de vésicules ou de pustules, soit de croûtes varioliques, soit de membranes chorio-allantoïdiennes infectées. Enfin le plus souvent, la

suspension virulente est constituée par le liquide nutritif prélevé dans un tube de culture en évolution. Les tubes sont infectés avec 0,2 ml de suspension virulente; 2 ml de liquide nutritif sont ajoutés après 30 mn d'incubation dans l'appareil rotatif. L'inoculation du matériel virulent est faite en général quatre jours après la mise en culture des explants, mais a été pratiquée également sur des cultures âgées de 1, 2, 3, 8 et 12 jours.

Nous avons pu ainsi cultiver le virus de la variole sur des cultures de cellules de différents tissus :

a. tissus d'embryons humains (2 à 4 mois) : peau et rein;

b. tissus de lapins adultes : rein;

c. tissus de lapins nouveau-nés (1 jour) : cœur et rein.

C'est sur le rein de lapin nouveau-né que la plupart de nos essais ont été effectués. Les explants de ce tissu donnent une prolifération rapide et abondante de fibroblastes.

Le virus de la variole provoque un effet cytopathogène. Sur les fibroblastes provenant d'explants de rein et de cœur de lapin nouveau-né et de tissu cutané d'embryon humain les lésions apparaissent trois à cinq jours après l'inoculation de la suspension virulente; elles sont localisées au début aux fibroplastes proches de l'explant : les fibroblastes s'arrondissent, se séparent les uns des autres, deviennent très réfringents, se nécrosent et sont détruits. Cet effet cytopathogène a une extension centrifuge. La nécrose des fibroblastes est souvent totale le huitième jour : le liquide nutritif ne vire plus. La date d'apparition, l'intensité et la rapidité d'extension de ces lésions sont liées au taux de virus présent dans la suspension inoculée. Sur les cellules épithéliales obtenues à partir d'explants de rein de lapin adulte et de rein d'embryon humain nous avons observé également un effet cytopathogène; son extension à l'intérieur de la culture est beaucoup plus rapide (parfois moins de 24 h).

Dans les premiers essais le contrôle de la virulence des liquides nutritifs prélevés a été fait sur l'œuf; ultérieurement l'effet cytopathogène nous a permis d'effectuer les titrages en cultures de tissus. Le taux de virulence quatre à cinq jours après l'inoculation atteint 10^{-4}. Nous avons pu faire des passages successifs (quatre passages) d'un tube (souvent après un ou deux changements du milieu nutritif) à un autre tube sans observer de diminution de la virulence.

L'effet cytopathogène a rendu possible également l'étude du pouvoir neutralisant des immunsérums sur cultures de tissus. Le sérum de sujets convalescents ou le sérum de sujets porteurs de cicatrices de variole neutralise le virus variolique : des suspensions virulentes incubées durant 1 h avec un volume égal d'immunsérum, inoculées à des cultures de fibroblastes ne produisent aucun effet cytopathogène et le liquide nutritif n'est pas virulent. La même suspension virulente incubée seule ou avec un volume égal de sérum animal (sérum de cheval) ou de sérum humain normal (sujet n'ayant pas subi la vaccination jennerienne) provoque l'apparition des lésions cytologiques habituelles.

D'autre part le sérum de lapin guéri de la vaccine ou le sérum humain provenant de sujets immunisés par la vaccination jennerienne, utilisé dans les mêmes conditions, montre une action retardante sur l'effet cytopathogène (trois jours au moins); l'extension des lésions est également ralentie.

Nous reviendrons sur ces premiers résultats fournis par les épreuves de neutralisation, ainsi que sur le pouvoir hémagglutinant des liquides de cultures.

(1) Provenant de *Nutritional Biochemical Corp.*, Cleveland (Ohio), et mise à notre disposition par N. J. E. Smadel.

(2) Le Docteur Hamed Siadat nous a procuré le matériel virulent et les immunserums.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15 h 55 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1956.

The year Book of the international council of scientific unions 1956. London, The Secretary general of ICSU; 1 fasc. 21,5 cm.

Ciba Foundation symposium on Bone structure and metabolism, by G. E. W. WOLSTENHOLME, CECILIA M. O'CONNOR. London, J. and A. Churchill, 1956; 1 vol. 21 cm.

Encyclopédie biologique. XLVII. *Traité des plantes médicinales chinoises*, par JACQUES ROI. Paris, Éditions Paul Lechevalier, 1955; 1 vol. 25,5 cm.

Man's Role in Changing the Face of the Earth, by WILLIAM L. THOMAS Jr, CARL O. SAUER, MARSTON BATES, LEVIS MUMFORD. Chicago, The University of Chicago Press, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Nicolaus Copernicus. Physician and Humanitarian a new approach, by ALEXANDER RYTEL. Vol. I. Chicago, Polish Medical Alliance, 1956; 1 vol. 28 cm.

Universidad Nacional de Colombia. Anuario de Labores 1953-1954. Bogota; 1 vol. 24 cm.

Travaux de l'Institut Français d'Études Andines. T. I à IV. 1949-1950-1951-1954. Paris. Lima; 4 vol. 25 cm.

Procès-verbaux et Rapports de la Ve Réunion Technique tenue à Copenhague du 25 août au 3 septembre 1954. Copenhague, 1956; 1 vol. 24 cm.

A Bibliography of the Works of Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794, by DENIS I. DUVEEN and HERBERT S. KLICKSTEIN, *Analyse*, by W. A. SMEATON, in *the Library*, 5 th series. Vol. XI, n° 2, June, 1956. London; 1 tirage à part, 25 cm.

Actes de la Conférence Internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, tenue à Genève du 8 au 20 août 1955. Vol. I. *Besoins du monde en énergie et rôle de l'énergie nucléaire*. Vol. XV. *Les isotopes radioactifs et les produits de fission dans la recherche et l'industrie*. Nations Unies, Genève, 1956; 2 vol. 28 cm.

Éphémérides nautiques pour l'an 1957; ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 27 cm.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques, par SIMION STOÏLOW. 2e édition, augmentée de *Notes sur les fonctions analytiques et leurs surfaces de Riemann*. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 25 cm.

Publicazioni. Vol. I, 1913 à 1927. Vol. II, 1928 à 1932. Vol. III, 1932 à 1934. Vol. IV, 1931 à 1932. Estratto da *Fauna et Flora del Golfo di Napoli*. Vol. V, 1934 à 1937, par UMBERTO D'ANCONA; 5 vol. 27,5 cm.

Cromosomi e ormoni sessuali, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalle *Attualità Zoologiche*. Vol. IV, 1938. Torino, Rosenberg et Sellier; 1 fasc. 24,5 cm.

Richerche idrobiologiche sul Padule di Furecchio. I. Nota Introduttiva, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bolletino di pesca, di piscicoltura e di idrobiologia*. Anno XIV, 1938. Roma; 1 fasc. 24 cm.

Possibilità evolutive nel gruppo dei pescei, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto del volume commemorativo. *Grigore Antipa*. Bucuresti, 1938. Imprimeria Nationalā; 1 fasc. 25 cm.

Considerazioni sulla classificazione dei Niphargus italiani con speciale riguardo a quelli delle regioni Venete, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti del Reale Istituto Veneto di scienze, Lettere ed arti*. Venezia, 1939; 1 fasc. 24 cm.

Grandezze nucleari e poliploïdismo nelle cellule somatiche, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Monitore Zoologico Italiano*. Anno L., nos 8-9, 1939. Firenze, Luigi Nicolai; 1 fasc. 24,5 cm.

Stato attuale delle ricerche sulla determinazione del sesso nei Vertebrati inferiori, et *A proposito di Gambusie*, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino di Zoologica*, Anno X, nos 1-2. Rosenberg et Sellier, Torino, 1939; 2 fasc. 24 cm.

Conoscenze e incertezze sul problema della sessualita dell' anguilla, par UMBERTO D'ANCONA. Venise, 1939; 1 fasc. 27 cm.

Pisces, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Missione Biologica nel paese dei Borana Raccolte zoologiche*. Vol. II, parte I, 1939-XVIII. Roma, 1940; 1 fasc. 25 cm.

Fenomeni di concorrenza tra le due popolazioni di Dafnie conviventi nel Lago di Nemi, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalla *Rivista di Biologia*. Vol. XXX, 1940-XVIII. Firenze; 1 fasc. 24 cm.

Sul poliploidismo delle cellule epatiche, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino della Societa Italiana di Biologia sperimentale*. Vol. XVI, fasc. 1, 1941-XIX; 1 fasc. 24 cm.

Ulteriori osservazioni e considerazioni sull' ermafroditismo e il differenziamento sessuale dell' orata (Sparus auratus L.) (*Completamento delle ricerche della Dott. A. Pasquali*), par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalle *Pubblicazioni della Stazione di Napoli*. Vol. XVIII, fasc. 3, 1941. Napoli; 1 fasc. 24,5 cm.

I Niphargus Italiani tentativo di valutazione critica delle minori unita sistematiche, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto de *Memorie dell' Istituto Italiano di Speleologia*, serie Biologica, Memoria IV. Trieste, 1942; 1 fasc. 29,5 cm.

Nuovo contributo alle conoscenze sul differenziamento sessuale dei Pesci, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti del reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.* Tomo CII, Parte II. Venezia, 1943; 1 fasc. 24 cm.

La distribuzione dei sessi delle anguille nelle valli da pesca, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.* Tomo CII, Parte II. Venezia, 1943; 1 fasc. 24 cm.

Ermafroditismo e intersessualità, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Medicina e Biologia.* Vol. III. Roma, 1943; 1 fasc. 24,5 cm.

La lotta per l'esistenza, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalla *Rivista Statistica.* Anno III, fasc. 1. Torino, Einaudi, 1943; 1 fasc. 24 cm.

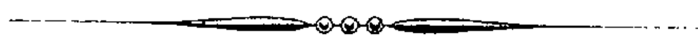
Nuove ricerche sulla determinazione sessuale dell' Anguilla, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dall' *Archivio di Oceanografia e Limnologia.* Anno III, fasc. 3. Venezia, 1943; 1 fasc. 26,5 cm.

Sessualità del soma e sessualizzazione delle cellule germinali, et *Intersessualità transitoria e ovogenesi abbreviata nei Vertebrati inferiori*, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti dell' Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti.* Venezia, 1944-1945; 2 fasc. 24 cm.

Del metodo di indagine in biologia, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Analisi rassegna di critica della scienza.* Fasc. II. Milano, 1945; 1 fasc. 23,5 cm.

Estratto dal *Bollettino della Societa Italiana di biologia sperimentale.* Vol. XX, fasc. 9-10, 1945 : *L'Induzione somatica delle cellule germinali. L'ermafroditismo nel genere diplodus* (*sin. Sargus, Teleostei*). Vol. XXII, fasc. 6, 1946 : *Ermafroditismo e gonocorismo in Alcuni sparidi*; 3 fasc. 24,5 cm.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 OCTOBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Harlow Shapley** adresse en hommage à l'Académie quelques tirages à part de ses travaux d'astronomie.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de Membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par la mort de M. le Général *Tilho*, pour la première ligne, M. *Guillaume Grandidier* obtient 41 suffrages contre 9 à M. *Pierre Tardi*.

Pour la seconde ligne, M. *Pierre Tardi* obtient 44 suffrages; il y a 2 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne............ M. **Guillaume Grandidier**.

En seconde ligne............. M. **Pierre Tardi**.

DÉSIGNATIONS.

M. **Pierre Chevenard** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu le 2 décembre 1956 à Saint-Marc-sur-Seine (Côte-d'Or), à l'occasion de l'inauguration d'un monument à la mémoire de **Louis-Paul Cailletet** et du vingt-cinquième anniversaire de la **Société des Forges de Chènecières**.

CORRESPONDANCE.

M. **Gaston Delépine** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.

Le Président du **IXe Pacific Science Congress** annonce que ce Congrès aura lieu à Bangkok (Thaïland), entre le 18 novembre et le 9 décembre 1957, et invite l'Académie à s'y faire représenter.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère des Affaires étrangères. Direction des Relations culturelles. *Informations scientifiques*. 1956. N° 1 ;

2° Manuels de calculs techniques. Volume II. *Résolution numérique des systèmes d'équations linéaires*, par Louis Couffignal ;

3° Monographies de chimie physique. *Les dislocations*, par J. Friedel ;

4° Les Maîtres de la Pensée scientifique. *Expériences sur la digestion de l'Homme et des différentes espèces d'animaux*, par Lazare Spallanzani. Reproduction en fac-similé de l'édition de 1787 ;

5° Ministry of Information and Broadcasting (India). *Nuclear Explosions and their effects*, foreword by Jawaharlal Nehru ;

6° Monografie matematyczne (Warszawa). Tomes XX et XXI. *Topologie*, par Casimir Kuratowski. Volumes I et II. Deuxième édition ;

7° *Über die Persistenz des Maul- und Klauenseuche-Virus in der Leber und Milz des Rindes*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Bern, vorgelegt von Julius Niggli ;

8° Georges Baranescu. *Calculul proceselor de ardere* et *Anexe* ;

9° Dionisie Lintia. *Pasarile din R. P. R.* Vol. Al II-lea ;

10° N. Teodoreanu. *Cum s-a format merinosul de Palas ;*

11° Ion S. Antoniu. *Chestiuni speciale de electrotehnica ;*

12° V. Nicolau, A. Froimescu și M. Weissenberg. *Betonul precomprimat ;*

13° Valer Novacu. *Introducere în Electrodinamica*. Volumes I et II ;

14° N. N. Patraulea. *Aerodinamica suprafetelor permeabile ;*

15° I. Reichel. *Chimia și tehnologia colorantilor azoici ;*

16° Alex. S. Sanielevici. *Radioactivitatea. Fenomene și legi generale*. Vol. I ;

17° Tudor Tanasescu. *Manual de tuburi și circuite electronice*. Vol. I.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Formalisation du calcul propositionnel implicatif à $\aleph_0$ valeurs de Łukasiewicz.* Note (*) de M. **Alan Rose**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il a été démontré ([1]) qu'une formalisation, saturée au sens faible, du calcul propositionnel à $\aleph_0$ valeurs de Łukasiewicz ([2]) ayant, comme foncteurs primitifs, l'implication et la négation, est donnée par la règle du *modus ponens* et les schémas d'axiomes suivants :

A 1. $P \to (Q \to P)$;

A 2. $(P \to Q) \to ((Q \to R) \to (P \to R))$;

A 3. $P \vee Q \to Q \vee P$;

A 4. $(P \to Q) \vee (Q \to P)$;

A 5. $(\overline{P} \to \overline{Q}) \to (Q \to P)$.

On définit l'alternation par

$$P \vee Q =_{df} (P \to Q) \to Q.$$

L'objet de cette Note est de démontrer qu'en omettant le schéma A 5 on obtient une formalisation, saturée au sens faible, du calcul implicatif.

On peut déduire ([3]), des schémas A 1-A 3, les formules et les règles suivantes :

F 1. $(P \to (Q \to R)) \to (Q \to (P \to R))$; F 1 A. $P \to P$;

F 2. $((Q \to P) \to (R \to P)) \to ((P \to Q) \to (R \to Q))$;

F 3. $(P \to Q) \to ((R \to P) \to (R \to Q))$.

R 1. Substitutivité de l'équivalence.

R 2. Si $P_1, \ldots, P_m, Q \vdash T$ et $R_1, \ldots, R_n, S \vdash T$ alors

$$P_1, \ldots, P_m, R_1, \ldots, R_n, Q \vee S \vdash T.$$

R 3. $\Gamma^{\alpha}_{i=1} P_i Q, \Gamma^{\beta}_{i=1} R_i (Q \to S) \vdash \Gamma^{\alpha}_{i=1} P_i \Gamma^{\beta}_{i=1} R_i S$.

On tire des schémas F 1 et F 2 :

F 4. $(R \to P) \to (((P \to R) \to (Q \to R)) \to (Q \to P))$.

Supposons maintenant que $\Phi(p_1, \ldots, p_n)$ soit une formule construite avec les variables d'énoncé $p_1, \ldots, p_n$ au moyen de l'implication et de la négation et qu'en remplaçant, dans Φ, chaque sous-formule ayant la forme $\overline{P}$, en partant du fond, par $P \to Q$, on obtienne $\Psi(p_1, \ldots, p_n, Q)$.

Supposons en outre que les formules $R_1, \ldots, R_N (N \geq 0)$ soient construites avec les variables d'énoncé au moyen de l'implication seulement et qu'il ne se rencontre dans la formule Q aucune des variables $p_1, \ldots, p_n$ ni aucune des variables qui se trouvent dans $R_1, \ldots, R_N$. Alors nous appellerons les formules ayant la forme

$$\Gamma^{N}_{i=1} (Q \to R_i) \Psi(p_1, \ldots p_n, Q)$$

les images Q de $\Phi(p_1, \ldots, p_n)$.

LEMME. — *Si* $\Phi(p_1, \ldots, p_n)$ *est dérivable des schémas* A 1-A 5 *alors il existe une formule* Q *telle qu'une image* Q *de* Φ *est dérivable des schémas* A 1-A 4.

Nous établirons ce lemme en appliquant le principe de l'induction forte au nombre μ des applications du *modus ponens* grâce auxquelles s'opère la déduction de Φ. Si $\mu = 0$ et que Φ soit un exemple d'un des schémas A 1-A 4, alors il existe une image Q de Φ laquelle est un exemple du même schéma d'axiomes. Si Φ est un exemple du schéma A 5, alors la sous-formule $\overline{P}$ du schéma A 5 aura l'une des formes $\Gamma_{i=1}^{m} S_i T$, $\Gamma_{i=1}^{m} S_i \overline{U}$, où T est le nom d'une variable d'énoncé. Soit R une formule du calcul implicatif d'où les variables $p_1, \ldots, p_n$ soient absentes. Remplaçons, dans S_i, chaque sous-formule ayant la forme $\overline{X}$, en partant du fond, par $X \to R (i = 1, \ldots, m)$, et soit U_i la formule ainsi construite. Alors la formule

$$(R \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i T) \to (((\Gamma_{i=1}^{m} U_i T \to R) \to (S \to R)) \to (S \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i T))$$

est un exemple du schéma F 4. Donc, en se servant des schémas A 1, A 2 et F 3, nous déduisons

$$(R \to T) \to (((\Gamma_{i=1}^{m} U_i T \to R) \to (S \to R)) \to (S \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i T))$$

qui donne, pour un choix convenable de S, une image R de Φ, pourvu que P ait la forme $\Gamma_{i=1}^{m} S_i T$.

Si P a la forme $\Gamma_{i=1}^{m} S_i \overline{U}$, alors la formule

$$(R \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i (W \to R)) \to (((\Gamma_{i=1}^{m} U_i (W \to R) \to R) \to (S \to R)) \to (S \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i (W \to R)))$$

est un exemple du schéma F 4. En nous servant des schémas A 1 et A 2 nous déduisons la formule

$$R \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i (W \to R).$$

En appliquant le *modus ponens* aux deux dernières formules nous déduisons la formule

$$((\Gamma_{i=1}^{m} U_i (W \to R) \to R) \to (S \to R)) \to (S \to \Gamma_{i=1}^{m} U_i (W \to R)),$$

qui donne, pour un choix convenable de S et de W, une image R de Φ.

Maintenant nous tenons le lemme comme établi pour les nombres entiers au-dessous de μ et nous l'établissons pour μ. En vertu de notre hypothèse d'induction nous pouvons établir des images Q de formules ayant les formes

$$A(p_{i_1}, \ldots, p_{i_\nu}, q_1, \ldots, q_\omega), \quad A(p_{i_1}, \ldots, p_{i_\nu}, q_1, \ldots, q_\omega) \to \Phi(p_1, \ldots, p_n)$$
$$(1 \leqq i_1 \leqq n, \ \ldots, \ 1 \leqq i_\nu \leqq n, \ 0 \leqq \omega).$$

Ces images ont les formes [4]

$$\Gamma_{i=1}^{N_1} (Q \to S_i) V, \qquad \Gamma_{i=1}^{N_2} (Q \to T_i)(V \to W).$$

Alors, en nous servant de R 3, nous pouvons établir la formule

$$\Gamma_{i=1}^{N_1} (Q \to S_i) \Gamma_{i=1}^{N_2} (Q \to T_i) W$$

qui est une image Q de Φ.

Démonstration du théorème principal. — Soit $\Phi(p_1, \ldots, p_n)$ une formule du calcul implicatif laquelle prend toujours la valeur 1. Il résulte de notre lemme qu'il existe des formules Q, $R_1, \ldots, R_N$ telles qu'il ne se rencontre dans la formule Q aucune des variables $p_1, \ldots, p_n$ ni aucune des variables qui se trouvent dans $R_1, \ldots, R_N$, et que la formule

$$\Gamma_{i=1}^{N}(Q \to R_i)\,\Phi(p_1, \ldots, p_n)$$

est dérivable des schémas A 1-A 4. Si, d'un bout à l'autre de cette dérivation, nous remplaçons Q par R_j, nous obtenons une démonstration de la formule

$$\Gamma_{i=1}^{N}(R_j \to R_i)\,\Phi(p_1, \ldots, p_n) \qquad (j = 1, \ldots, n).$$

Désignons la formule $R_\alpha \to R_\beta$ par $V_{\alpha\beta}(\alpha, \beta = 1, \ldots, N;\ \alpha \neq \beta)$ et soit $\mathcal{E}$ un sous-ensemble de l'ensemble des formules $V_{\alpha\beta}$ tel que, pour toute paire de valeurs de α et de β, $V_{\alpha\beta}$ soit un membre de $\mathcal{E}$ si $V_{\beta\alpha}$ ne l'est pas, et seulement dans ce cas. Désignons les ensembles $\mathcal{E}$ par $\mathcal{E}_1, \ldots, \mathcal{E}_\varkappa$, où $\varkappa = 2^{N(N-1)/2}$. Alors, en vertu des deux schémas A 2 et F 1 A, il correspond à chaque nombre entier $l(1 \leqq l \leqq \varkappa)$ un nombre entier $j(1 \leqq j \leqq n)$ tel que

$$\mathcal{E}_l \vdash R_j \to R_i \qquad (i = 1, \ldots, N).$$

Donc

$$\mathcal{E}_l \vdash \Phi(p_1, \ldots, p_n) \qquad (l = 1, \ldots, \varkappa).$$

Il résulte alors de R 2 et de A 4 que Φ est démontrable.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) La démonstration doit paraître prochainement dans un mémoire de l'auteur et de J. B. Rosser.

(2) *Comptes rendus* (*Varsovie*), Classe III, 23, 1930, p. 30.

(3) *Voir* la Note (1).

(4) Nous pouvons tenir comme établi que les deux formules Q sont les mêmes. *Cf.*, plus bas, le remplacement de Q par R_j.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles linéaires ne portant pas de pseudo-mesures.* Note de MM. **Jean-Pierre Kahane** et **Raphaël Salem**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Construction d'ensembles parfaits totalement discontinus qui ne peuvent contenir le spectre d'une suite bornée que si celle-ci est une suite de coefficients de Fourier-Stieltjes.

Soit $E \subset (0, 2\pi)$ un ensemble fermé. Soit $\{c_n\}_{-\infty}^{\infty}$ une suite bornée dont le spectre est dans E, c'est-à-dire telle que la série $c_0 x + \Sigma'(in)^{-1} c_n e^{inx}$ représente une constante dans chaque intervalle contigu à E. La série $\Sigma c_n e^{inx}$ est la série de Fourier d'une distribution de Schwartz portée par E, que nous propo-

sons d'appeler *pseudomesure* par analogie avec le cas où $\Sigma c_n e^{inx}$ est une série de Fourier-Stieltjes et représente une mesure.

Nous dirons que E est *sans vraie pseudomesure* si toutes les pseudomesures qu'il porte sont des mesures; en d'autres termes, si toute suite bornée $\{c_n\}$ dont le spectre est dans E est une suite de coefficients de Fourier-Stieltjes. *Le but de cette Note est de montrer qu'il existe des ensembles parfaits* E *sans vraie pseudomesure.*

Construction de E. — On construit l'ensemble E parfait totalement discontinu comme intersection d'ensembles $E^{(k)}$ ($k=1, 2, \ldots$) emboîtés, chaque $E^{(k)}$ étant réunion de segments disjoints $I_j^{(k)}=[x_j^{(k)}, x_j^{(k)}+\delta^{(k)}]$ avec $1\leqq j\leqq s^{(k)}$. On désignera par $\Delta_j^{(k)}$ l'intervalle $(x_j^{(k)}+\delta^{(k)}, x_{j+1}^{(k)})$. Pour chaque k les $x_j^{(k)}$ seront choisis de façon à constituer, avec 1, $s^{(k)}+1$ nombres indépendants. Cela permet, d'après la démonstration de Bohr du théorème de Kronecker, d'affirmer l'existence d'un nombre $N^{(k)}$ ne dépendant que des $x_j^{(k)}$ ($1\leqq j\leqq s^{(k)}$) et tel que, pour toute mesure $d\mu$ portée par les $x_j^{(k)}$, on ait

$$\sup_{0<n<N^{(k)}}\left|\int_0^{2\pi} e^{inx}\,d\mu(x)\right| > \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} |d\mu(x)|.$$

Enfin on suppose que $\delta^{(k)}$ est pris assez petit pour ne dépasser aucun $|\Delta_j^{(k)}|$ ($1\leqq j\leqq s^{(k)}$) et pour que $N^{(k)}s^{(k)}(\delta^{(k)})^{1/2}=o(1)$ quand $k\to\infty$.

E *est sans vraie pseudomesure.* — Soit en effet une suite bornée $\{c_n\}$ ayant son spectre dans E. Supposons d'abord $c_0=0$. Soit $\nu(x)\sim\Sigma(in)^{-1}c_n e^{inx}$. Considérons, pour chaque k, la mesure $d\mu^{(k)}$ portée par les $x_j^{(k)}$, dont la primitive $\mu^{(k)}(x)$ est égale sur chaque $\Delta_j^{(k)}$ à la valeur constante qu'y prend $\nu(x)$. Désignons par $c_n^{(k)}$ le coefficient de Fourier-Stieltjes d'ordre n de $\mu^{(k)}$. Il existe un entier positif $n<N^{(k)}$ tel que

$$(1)\qquad 4\pi\,|c_n^{(k)}| > \int_0^{2\pi} |d\mu^{(k)}|.$$

D'autre part,

$$2\pi(c_n - c_n^{(k)}) = in\int_0^{2\pi} e^{-inx}(\nu(x)-\mu^{(k)}(x))\,dx$$

et cette dernière intégrale peut être prise sur $E^{(k)}$. Or, A désignant la norme de ν dans L^2, on a

$$\int_{E^{(k)}} |\nu(x)|\,dx < A\,|E^{(k)}|^{\frac{1}{2}} = A(s^{(k)}\delta^{(k)})^{\frac{1}{2}}.$$

Sur chaque $\Delta_j^{(k)}$,

$$|\mu(x)| = |\nu(x)| < A\,|\Delta_j^{(k)}|^{-\frac{1}{2}} < A(\delta^{(k)})^{-\frac{1}{2}}.$$

Comme $\mu(x)$ est constant dans $(x_j^{(k)}, x_{j+1}^{(k)})$, on a

$$\int_{E^{(k)}} |\mu(x)|\,dx < A s^{(k)}(\delta^{(k)})^{\frac{1}{2}}.$$

D'où

$$(2)\qquad |c_n - c_n^{(k)}| < A n s^{(k)}(\delta^{(k)})^{\frac{1}{2}} < A N^{(k)} s^{(k)}(\delta^{(k)})^{\frac{1}{2}} = o(1)$$

quand $k \to \infty$. D'après (1) et (2), les $\int |d\mu^{(k)}|$ sont bornées. En extrayant de la suite $\{d\mu^k\}$ une suite convergeant faiblement vers une mesure $d\mu$ on voit que les c_n sont précisément les coefficients de Fourier-Stieltjes de $d\mu$.

Si $c_0 \neq 0$, il suffira d'ajouter à $\{c_n\}$ la suite $\{-c_0 e^{-inx_0}\}$, $x_0 \in E$, qui représente une mesure ponctuelle portée par E, pour se ramener au cas précédent.

Citons quelques propriétés des ensembles sans vraie pseudomesure.

1° Disons qu'un ensemble fermé E est un *ensemble de synthèse spectrale* (ou : pour lequel la synthèse spectrale est possible) si, quelle que soit la suite bornée $\{c_n\}$ ayant son spectre dans E, et la série absolument convergente $\Sigma\gamma_n e^{inx}$ dont la somme s'annule sur E, on a $\Sigma\gamma_n c_{-n} = 0$. *Les ensembles sans vraie pseudomesure sont des ensembles de synthèse spectrale* (1). Ceci est immédiat.

2° Disons qu'un ensemble fermé E est un *ensemble de Carleson* (resp. de *Helson*) si toute fonction continue sur E est prolongeable en la somme d'une série $\sum_{0}^{\infty}\gamma_n e^{inx}$ $\left(\text{resp. } \sum_{-\infty}^{\infty}\right)$ absolument convergente (2), (3). *Les ensembles sans vraie pseudomesure sont des ensembles de Helson.*

3° On ne sait pas si la réciproque de ce dernier résultat est vraie, mais on sait que *tout ensemble de Helson pour lequel la synthèse spectrale est possible est sans vraie pseudomesure* (4).

4° En vertu d'un théorème de Helson (3), *tout ensemble sans vraie pseudomesure est ensemble d'unicité* pour le développement trigonométrique.

5° Soit E un ensemble sans vraie pseudomesure, ou plus généralement un ensemble de Helson. *Dans toute progression arithmétique de* N *termes, il y a au plus* [A log N] *points de* E, A constante ne dépendant que de E. La démonstration de ce résultat sera publiée ultérieurement.

(1) Le seul exemple connu jusqu'ici d'ensembles *parfaits* de synthèse spectrale est celui donné par Herz; *Proc. Nat. Acad. Sciences U. S. A.* 42, 1956, p. 42-43.

(2) Carleson, *Acta Mathematica*, 87, 1952, p. 325-345.

(3) Helson, *Studia Mathematica*, 14, 1954, p. 209-213.

(4) Les propriétés 2° et 3° étaient connues de Helson en même temps que des auteurs Elles se démontrent en utilisant des théorèmes classiques d'analyse fonctionnelle.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la courbure normale des revêtements routiers ou analogues.*

Note de M. **Raymond F. Simonin**, présentée par M. Georges Darmois.

Les véhicules qui roulent sur les routes modernes, les avions qui s'envolent ou atterrissent sur pistes, évoluent sur des surfaces dont la courbure normale joue un rôle important dans cette évolution. Pour un véhicule à quatre roues par exemple, on peut admettre que les courbes roulantes (1) suivies par les deux roues droites sont confondues en une seule roulante droite et qu'il en est

ainsi pour les roues gauches qui suivent la roulante gauche. La roulante droite est définie géométriquement en chaque point M par sa courbure normale ${}_d y$ en fonction de l'abscisse curviligne S du point M, à savoir par une fonction ${}_d y(\mathrm{S})$. Il en est ainsi de la roulante gauche que définit une autre fonction ${}_g y(\mathrm{S})$, les abscisses S pouvant être considérées comme identiques pour les deux roulantes, le long d'un trajet S du véhicule. La courbure moyenne de droite le long du trajet S et la courbure moyenne de gauche ont respectivement pour valeur :

$$ {}_d y_m = \frac{1}{\mathrm{S}} \int_0^{\mathrm{S}} {}_d y \, d\mathrm{S} = \frac{1}{\mathrm{S}} {}_d \Sigma_g, \qquad y_m = \frac{1}{\mathrm{S}} \int_0^{\mathrm{S}} {}_g y \, d\mathrm{S} = \frac{1}{\mathrm{S}} {}_g \Sigma. $$

Le long du trajet S, le véhicule peut être considéré comme ayant suivi une roulante médiane caractérisée par une courbure égale à chaque instant à la moyenne des courbures gauches et droites et même abscisse curviligne S. S'il en est ainsi, la courbure moyenne de la roulante médiane est la moyenne des courbures moyennes droite et gauche, puisque l'on a :

$$ y_m = \frac{1}{\mathrm{S}} \left(\frac{1}{\mathrm{S}} {}_d \Sigma + \frac{1}{\mathrm{S}} {}_g \Sigma \right) = \frac{1}{2} ({}_d y_m + {}_g y_m) $$

La moyenne des courbures des deux roulantes en chaque point M peut être considérée comme la courbure d'une roulante, située entre la droite et la gauche dont la courbure Y doit être égale en grandeur et en signe à :

$$ \mathrm{Y} = \frac{1}{2} ({}_d y + {}_g y) \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{Y} \, d\mathrm{S} = \frac{1}{2} ({}_d y \, d\mathrm{S} + {}_g y \, d\mathrm{S}). $$

Or, les grandeurs telles que $y \, d\mathrm{S}$ représentent les angles élémentaires sous lesquels on voit depuis le centre des cercles osculateurs aux points M droit et gauche, les arcs élémentaires égaux $d\mathrm{S}$ des roulantes droite et gauche. Si la courbure de la surface est continue sur toute son étendue, sans point singulier, ni période, le centre des cercles osculateurs des roulantes non sécantes entre elles, comprises entre la droite et la gauche, est à l'intersection de la droite joignant les centres osculateurs gauche et droit, avec les plans osculateurs des roulantes successives, notamment le plan osculateur de la roulante située au milieu de la voie arrière du véhicule. Dans ces conditions, cette dernière roulante a une courbure qui, en chaque point, est la moyenne des courbures gauche et droite : elle constitue la roulante médiane du trajet suivi par le véhicule.

Le clinodographe qui suit cette médiane des roulantes donne ainsi un diagramme qui est la représentation à chaque instant du parcours, de la courbure moyenne des courbures droite et gauche et dont la courbure moyenne est la moyenne des courbures moyennes des roulantes droite et gauche, suivies par le véhicules.

Si l'on choisit pour la mesure des courbures $y = 2f/\mathrm{C}^2$ le clinodographe ayant, dans le système d'unités adopté, une demi-base $\mathrm{C} = \sqrt{2}$, la flèche f

indiquée par la machine a une longueur qui exprime la courbure en chaque point. Le diagramme livré a des coordonnées rectangulaires qui sont $y = f$ pour les ordonnées et $x = S$ pour les abscisses, lieu des points de courbure nulle à l'échelle des longueurs près. La pente du diagramme $dy : dx$ est la même que la pente de la roulante $dy : dS$ par rapport à la ligne des points de courbure nulle. Les fonctions telles que $y(S)$ ou $Y(S)$ jouissent de la propriété d'être égales à leur propre courbure et satisfont ainsi à l'équation aux dérivées partielles :

$$y(1+y'^2)^{\frac{3}{2}} \pm y'' = 0'$$

en coordonnées rectangulaires ou semi-curvilignes. Mais dans le cas particulier des roulantes, non seulement $y' = dy/dx$ et $y' = dy/ds$ mais y' est très faible de sorte que son carré y'^2 devient négligeable devant l'unité et l'on déduit :

$$y' \pm y'' = 0.$$

Dans ce cas particulier des roulantes, on conclut qu'une irrégularité quelconque de rang $2p$ dans les N irrégularités rencontrées le long du parcours S, concave par exemple, par conséquent convexe pour l'irrégularité de rang $2p+1$, est constituée par une demi-période de sinusoïde.

Dans le cadre des hypothèses de départ, toute roulante est constituée par la juxtaposition sur la ligne des points de courbure nulle, de demi-périodes de sinusoïdes, tantôt concaves, tantôt convexes, à variations irrégulières de longueur et d'amplitude qui rendent aléatoire le caractère de la fonction de courbure qui définit les roulantes et leur représentation en coordonnées rectangulaires. On remarquera que, si l'on considère un diagramme de roulante fourni par le clinodographe, la somme algébrique des aires positives et négatives entre deux points du diagramme, représente en grandeur et en signe la courbure générale moyenne de la roulante entre ces deux points. Si cette somme est nulle constamment sur des parcours quelconques comprenant le parcours général S considéré, on se trouve en présence d'un alignement droit.

Enfin, on observera que l'intégrale de la fonction de courbure entre deux points d'un trajet d'un véhicule représente la somme des angles élémentaires sous lesquels on voit depuis la développée de la roulante médiane, les arcs élémentaires homologues de la roulante médiane. La courbure moyenne de la roulante médiane suivie par un véhicule est l'angle sous lequel on voit d'un point de l'espace choisi comme centre fictif, d'un cercle osculateur moyen, l'unité de longueur de roulante médiane enroulée autour de ce cercle osculateur moyen.

Si la roulante médiane suivie par un véhicule très rapide présente deux convexités séparées par une distance égale à l'écartement des roues avant et arrière du véhicule, si la courbure aux points d'appui des roues ainsi que la

vitesse du véhicule sont suffisantes, les forces de frottement des roues sur le revêtement peuvent devenir négligeables. La direction du véhicule n'est plus assurée, et tout se passe comme si à ce moment, la voiture roulait sur le verglas.

La simultanéité de telles probabilités explique certains accidents de la circulation à grande vitesse sur des alignements droits et dont la cause est restée jusqu'ici inconnue.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2621.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Écoulements transsoniques avec onde de choc.* Note de M. **Paul Germain**, présentée par M. Maurice Roy.

Le comportement local d'un écoulement au point de rencontre d'une ligne sonique et d'un choc fait ici l'objet d'une première étude. Dans le plan de l'hodographe, la fonction de courant est recherchée comme solution de Darboux d'une équation de Tricomi. On montre qu'un choc « localement normal » est impossible et l'on formule les conditions auxquelles doit satisfaire une solution éventuelle du problème.

Un écoulement de fluide compressible, dans lequel une région supersonique est entourée par une région subsonique, tel celui observé autour d'un profil en régime stationnaire transsonique, comporte en général un choc ayant un point O en commun avec la ligne sonique, ce choc assurant brusquement le retour à un régime subsonique du fluide qui, à la suite d'une accélération continue, a atteint des vitesses supersoniques. Dans un tel problème, il semble légitime, ainsi qu'on le fait habituellement, de négliger les variations d'entropie. Mais, en dépit de cette simplification, aucun écoulement théorique satisfaisant à ces hypothèses n'a pu être construit.

1. A la suite de F. I. Frankl (1), il convient d'abord d'étudier l'écoulement au voisinage de O. Dans cette étude, on peut utiliser le plan de l'hodographe et supposer que la fonction de courant ψ y est solution de l'équation de Tricomi

$$\eta\psi_{\theta\theta}+\psi_{\eta\eta}=0, \tag{1}$$

θ est l'angle du vecteur vitesse avec le vecteur vitesse en O, η une variable liée à la vitesse, positive ou négative suivant que celle-ci est inférieure ou supérieure à la célérité du son. Le potentiel des vitesses φ est alors défini par $d\varphi=\eta\psi_\theta d\eta-\psi_\eta d\theta$. L'image du choc dans le plan (θ, η) s'effectue sur deux arcs (C_1) et (C_2) correspondant respectivement aux faces amont et aval du choc. En un couple de points (θ_1, η_1) et (θ_2, η_2) situés respectivement sur (C_1) et (C_2) et images d'un même point du plan physique doivent être vérifiées les conditions de choc

$$\begin{cases} [d\psi]_{C_1}=[d\psi]_{C_2}, \quad \left[\dfrac{d\varphi}{d\psi}\right]_{C_1}=\left[\dfrac{d\varphi}{d\psi}\right]_{C_2}=\dfrac{\theta_2-\theta_1}{\eta_1-\eta_2}, \\ 2(\theta_2-\theta_1)^2+(\eta_2+\eta_1)(\eta_2-\eta_1)^2=0. \end{cases} \tag{2}$$

Cette dernière relation montre qu'il existe des couples de « rayons », d'équation $(4/9)\eta^3\theta^{-2} = \lambda^3 = \text{const}$, susceptibles d'être les images d'un même choc. Sur un tel couple λ_1, λ_2, $[\lambda_1 < 0,\ \lambda_2 > 0]$, la correspondance ponctuelle est définie par $\theta_2 = a^3\theta_1$, les constantes λ_1 λ_2 et a étant liées par la relation

$$8(a^3 - 1)^2 + 9(\lambda_1 + a^2\lambda_2)(\lambda_1 - a^2\lambda_2)^2 = 0. \tag{3}$$

La solution ψ est cherchée dans le domaine (ϖ) compris entre (C_1) et (C_2) sous forme d'une solution de Darboux [2] $\psi = r^m f(\lambda)$, où m est un nombre positif, $r^2 = (1 + \lambda^3)\theta^2$; la fonction f, qui dépend de m, est solution d'une équation hypergéométrique (E). Une telle solution doit vérifier le long de (C_1) et (C_2) les équations du choc (2). De plus, pour fournir dans le plan physique un écoulement acceptable, ψ, outre les conditions usuelles de régularité, doit satisfaire à certaines conditions supplémentaires; en particulier $J = \psi_\eta^2 + \eta\psi_\theta^2$ doit être positif dans (ϖ), ceci afin d'éviter la présence de lignes limites, et d'autre part, ψ doit s'annuler sur deux « rayons » de (ϖ), et deux seulement, situés dans le demi-plan $\eta \geqq 0$.

2. Un résultat important est le suivant : si $\lambda_1 < -1$, c'est-à-dire, *si le domaine* (ϖ) *contient un arc de caractéristique issu de l'origine, le problème n'admet pas de solution répondant aux conditions précédentes.* En effet, la fonction $f(\lambda)$ devant être régulière au voisinage de $\lambda = -1$, est déterminée à une constante multiplicative près [2]. Il est alors facile de montrer que si $m > 5/6$, J prend des valeurs négatives dans (ϖ). D'autre part, si $m < 5/6$, la fonction ψ ne peut s'annuler que sur un rayon au plus dans le demi-plan $\eta \geqq 0$. Ainsi, dans le cas envisagé, toute solution possible du problème doit être écartée en raison des conditions supplémentaires formulées plus haut. Dans l'article cité, Frankl étudie seulement le cas particulier $\lambda_1 = -\infty$, $\lambda_2 = +\infty$, $a = 1$, et construit une solution simple vérifiant les conditions de choc. Malheureusement, cette solution contient effectivement des lignes limites et apparaît donc comme inacceptable.

3. Supposant donc dans la suite $\lambda_1 > -1$, les conditions de choc conduisent aux relations

$$\begin{cases} a^{3m}(1 + \lambda_2^3)^{\frac{m}{2}} f(\lambda_2) = (1 + \lambda_1^3)^{\frac{m}{2}} f(\lambda_1) \\ a(1 + \lambda_2^3) f'(\lambda_2) f^{-1}(\lambda_2) = (1 + \lambda_1^3) f'(\lambda_1) f^{-1}(\lambda_1) = m(1 - a^3)(a^2\lambda_2 - \lambda_1)^{-1} = K. \end{cases} \tag{4}$$

Mais $f(\lambda) = AF_1(\lambda) + BF_2(\lambda)$, si F_1 et F_2 sont deux solutions indépendantes de l'équation (E). Après substitution dans (4) et élimination des constantes A et B, on voit que les équations du choc seront satisfaites, si les constantes λ_1, λ_2, a, m vérifient (3) et les deux relations (5).

$$\begin{aligned} & a^{3m+1}(1 + \lambda_1^3)^{-\frac{m}{2}-\frac{1}{6}}[(1 + \lambda_1^3)F_i'(\lambda_1) - KF_i(\lambda_1)] \\ & = (1 + \lambda_2^3)^{-\frac{m}{2}-\frac{1}{6}}[a(1 + \lambda_2^3)F_i'(\lambda_2) - KF_i(\lambda_2)] \qquad (i = 1, 2). \end{aligned} \tag{5}$$

De façon précise on peut prendre

$$(1+\lambda^3)^{-\frac{m}{2}-\frac{1}{6}}F_1(\lambda)=F\left(\frac{1}{6}+\frac{m}{2},\frac{2}{3}+\frac{m}{2},\frac{2}{3},-\lambda^3\right);$$

$$(1+\lambda^3)^{-\frac{m}{2}+\frac{5}{6}}F'_1(\lambda)=-\frac{3m(1+3m)\lambda^2}{8}F\left(\frac{7}{6}+\frac{m}{2},\frac{2}{3}+\frac{m}{2},\frac{5}{3},-\lambda^3\right)$$

$$(1+\lambda^3)^{-\frac{m}{2}-\frac{1}{6}}F_2(\lambda)=\lambda F\left(\frac{1}{2}+\frac{m}{2},1+\frac{m}{2},\frac{4}{3},-\lambda^3\right),$$

$$(1+\lambda^3)^{-\frac{m}{2}+\frac{5}{6}}F'_2(\lambda)=F\left(\frac{1}{2}+\frac{m}{2},\frac{m}{2},\frac{1}{3},-\lambda^3\right).$$

On dispose donc de trois équations pour déterminer quatre paramètres; *a priori*, on peut espérer que ce système ait des solutions, et que parmi celles-ci, certaines satisfassent aux conditions supplémentaires dont il a été question plus haut.

4. Un cas très simple, facile à examiner, est celui d'un choc « localement normal », cas où $a=1$, $\lambda_1=-\lambda_2(0<\lambda_2<1)$, $K=0$. Les conditions (5) se réduisent aux suivantes : les parties impaires des fonctions

$$F\left(\frac{7}{6}+\frac{m}{2},\frac{2}{3}+\frac{m}{2},\frac{2}{3},x\right) \quad \text{et} \quad F\left(\frac{1}{2}+\frac{m}{2},\frac{m}{2},\frac{1}{3},x\right)$$

doivent, pour une certaine valeur de m, avoir un zéro commun dans $0\leqq x\leqq 1$. Or, m étant positif, cette condition n'est manifestement jamais réalisée.

5. Pour décider s'il existe des solutions au problème envisagé, une étude numérique plus poussée semble requise. La réponse conditionne les travaux ultérieurs qui peuvent être entrepris sur les écoulements avec choc par la méthode de l'hodographe. Si la réponse est négative, il faudra sans doute remettre en question certaines hypothèses communément admises sur la nature des chocs en écoulement transsonique. Par contre, si le problème formulé a une solution, alors on peut poser dans le plan de l'hodographe un problème aux limites relatif à une équation linéaire du type mixte, dont la solution permet de construire un écoulement transsonique avec choc autour d'un profil. Toutefois, la condition $\lambda_1<-1$ trouvée plus haut, semble bien montrer que ce problème est d'une nature différente de celui envisagé très récemment ([3]) par Frankl pour aborder une telle construction.

([1]) *Prik. Mat et Mech.*, 19, n° 4, 1955, p. 385-392.

([2]) P. Germain et R. Bader, *Pub. O. N. E. R. A.*, n° 54, 1952.

([3]) *Prik. Mat. et Mech.*, 20, n° 2, 1955, p. 196-202.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Base de la théorie cinétique, équation de Boltzmann*. Note de Mlle **Simone Marquet**, présentée par M. Georges Darmois.

Un système de n corpuscules est supposé décrit par une mesure sur l'espace de leurs vitesses. Sous certaines conditions on peut déduire l'équation de Boltzmann de l'équation satisfaite par les moyennes obtenues avec cette mesure et l'inorganisation corpusculaire est un phénomène permanent.

1. Soit un système formé de n corpuscules identiques C_i de vitesses v_i, assimilables à des sphères parfaitement élastiques dont les interactions sont réduites à des chocs, les chocs non binaires étant supposés négligeable.

Une mesure, variant avec le temps, sur l'espace des vitesses $R=(v_1, v_2, \ldots, v_n)$ décrit la connaissance de ce système, soit $\varphi(R, t)$. l étant le vecteur unitaire de la ligne des centres de C_i et C_j, on pose que la probabilité d'une collision (C_i, C_j, l) pendant le temps dt et pour une variation dl de l est

$$\psi_{ij}(R, l)\,dl\,dt = k\,\frac{|(v_i-v_j).l| - (v_i-v_j).l}{2}\,dl\,dt$$

ou en remarquant que l'on ne possède aucune donnée sur les positions :

$$\psi_{ij}(R, l) = k\,\frac{|(v_i-v_j).l|}{2}.$$

Après le choc, R devient

$$A_{ij}(R) = \{v_1, \ldots, v'_i = v_i + ((v_j - v_i).l)\,l, \ldots, v'_j = v_j - ((v_j - v_i).l)\,l, \ldots, v_n\},$$

$g(R)$ étant une fonction sommable pour $\varphi(R, t)$ nous noterons sa moyenne

$$\langle \varphi(R, t).g(R) \rangle.$$

En utilisant la correspondance des mesures et des intégrales de Stieljes ainsi que les lois des chocs on justifie l'équation suivante :

$$(1_0)\qquad d_t\langle \varphi(R, t).g(R)\rangle = \langle \Omega\varphi(R, t).g(R)\rangle = \langle \varphi(R, t).\Omega g(R)\rangle,$$

que nous écrirons aussi

$$(1)\qquad d_t\varphi(R, t) = \Omega\varphi(R, t)$$

$$\Omega g(R) = \sum_{(i,j)} \Omega_{ij} g(R);\qquad \frac{\omega_{ij}}{n} g(R) = \Omega_{ij} g(R) = \int [g(A_{ij}(R)) - g(R)]\,\psi_{ij}(R, l)\,dl.$$

Nous ferons l'*hypothèse que k est proportionnel à* $1/n$, la constante de proportionnalité n'intervenant pas dans les raisonnements nous poserons que $k=1/n$.

Nous supposerons que $\varphi(R, t) \geq 0$ est indifférente aux permutations : $\varphi(R^\tau, t) = \varphi(R, t)$; R^τ, à l'ordre près, a les mêmes composantes que R. $\varphi_{(p)}(R, t)$ restriction de $\varphi(R, t)$ aux fonctions de p variables est alors bien définie et l'on a

$$d_t\langle \varphi_{(1)}(R, t).g(v_1)\rangle = (n-1)\langle \varphi_{(2)}(R, t).\Omega_{12} g(v_1)\rangle.$$

Si l'inorganisation corpusculaire est réalisée, c'est-à-dire si

$$\varphi_{(2)}(v_1, v_2, t) = \varphi_{(1)}(v_1, t)\,\varphi_{(1)}(v_2, t)$$

on a

$$d_t\langle \varphi_{(1)}(v_1, t).g(v_1)\rangle = (n-1)\langle \varphi_{(1)}(v_1, t)\,\varphi_{(1)}(v_2, t).\Omega_{12}\,g(v_1)\rangle,$$

équation qui, si $\varphi(R, t)$ est densitaire et moyennant quelques conditions de régularité se réduit à l'équation de Boltzmann. Il faudrait donc que l'inorganisation corpusculaire soit conservée au cours du temps par les solutions de (1).

2. *Résolution de l'équation fondamentale.* — On cherche une mesure solution de l'équation (1) et prenant une valeur donnée $\varphi(R)$ pour $t = 0$.

Nous dirons que $\varphi \in K_\alpha$, $\alpha > 0$, si 1 et $|R|^\alpha$ (1) sont des fonctions sommables pour la mesure φ. On sait qu'à toute mesure φ on peut associer une mesure $|\varphi| > 0$, unique, qui joue le rôle de valeur absolue (2) et admet les mêmes fonctions sommables. En posant

$$\|\varphi\|_\alpha = \frac{1}{2}\langle |\varphi|.1 + |R|^\alpha\rangle,$$

on introduit sur K_α une norme pour laquelle il est complet ainsi qu'il peut être démontré en utilisant la correspondance mesure-intégrale de Stieltjes (3). Nous dirons que $\varphi \in K_{\alpha,\rho}$ si de plus son support est contenu dans la boule B_ρ : $|R| \leq \rho$. $K_{\alpha,\rho}$ est un sous-espace complet de K_α.

1° Si $\varphi(R) \in K_{\alpha,\rho}$ on cherche une solution dans $K_{\alpha,\rho}$. En utilisant

$$\sum_{(i,j)} \int \psi_{ij}(R, l)\,dl = \frac{2\pi}{n}\sum_{(ij)}^{\infty} |v_i - v_j| \leq 2(n-1)\sqrt{n}\,\frac{\pi\rho}{n}$$

on montre que Ω est un opérateur borné dans $K_{\alpha,\rho}$ ce qui permet d'obtenir une solution, unique, dans $K_{\alpha,\rho}$:

$$\varphi(R, t) = \sum_0^\infty \frac{t^p}{p\,!}\,\Omega^p\varphi(R),$$

ce qui entraîne, avec la convergence ordinaire :

$$\langle \varphi(R, t).g(R)\rangle = \sum_0^\infty \frac{t^p}{p\,!}\langle \varphi(R).\Omega^p g(R)\rangle.$$

2° Si $\varphi(R, t)$ est solution dans K_α elle admet les « intégrales premières ».

$$\langle \varphi(R, t).g(R)\rangle = \langle \varphi(R).g(R)\rangle,$$

où $g(R)$ est un invariant de choc : 1, composante de $v_1 + v_2 + \ldots + v_n$; $|R|$ ....

Si $\varphi(R, t)$ est une solution se réduisant à $\varphi(R)$ pour $t = 0$, $\varphi(R, t)\varepsilon_\rho(R)$. [$\varepsilon_\rho(R)$, fonction caractéristique de la boule B_ρ] est une solution se réduisant à $\varphi(R)\varepsilon_\rho(R)$ pour $t = 0$. De ceci et de l'unicité de la solution dans $K_{\alpha,\rho}$ on déduit l'unicité de la solution dans K_α et que si le support de $\varphi(R)$ est dans la boule B_ρ, $\varphi(R, t)$ conserve cette propriété.

3° Si $\varphi(R) \in K_\alpha$ l'ensemble des $\varphi_\rho(R, t)$, solutions se réduisant à $\varphi(R)\varepsilon_\rho(R)$ pour $t = 0$, définit une mesure par ses restrictions aux boules B_ρ ([4]), soit $\varphi(R, t)$. On démontre que pour $\alpha \geq 1$ et $t \in [0, t_1]$

$\varphi_\rho(R, t) \to \varphi(R, t)$ uniformément dans K_α,

$\Omega\varphi_\rho(R, t) \to \Omega\varphi(R, t)$ uniformément dans $K_{\alpha-1}$.

On en déduit que $\varphi(R, t)$ est la solution de l'équation (1) dans $K_{\alpha-1}$ tout en appartenant à K_α.

Si l'équation (1) est vérifiée dans K_α, l'équation (1_0) est vérifiée pour $g(R)$ sommable, la dérivée étant prise au sens usuel.

Si $\alpha < 1$, $\varphi(R, t)$ est solution de (1_0) pour les fonctions à support compact.

3. *Conservation de l'inorganisation corpusculaire.* — Soit $\varphi_n(R, t)$ (n corpuscules), la solution se réduisant à $\varphi_n(R)$ pour $t = 0$. Si $\varphi_n(R) \in K_{\alpha, \rho\sqrt{n}}$:

$$\langle \varphi_n(R, t) . g(R) \rangle = \sum_0^\infty \frac{t^k}{k!} \langle \varphi_n(R) . \Omega^k g(R) \rangle,$$

$g_{n_1}(R)$ est une fonction de $v_1, \ldots, v_{n_1}$. On pose $g_{n_1+p} = \sum_{i=1}^{n_1+p-1} \omega_{i, n_1+p}\, g_{n_1+p-1}$. Par étude directe du développement on trouve si $g_{n_1}(R)$ est bornée en valeur absolue par une fonction croissante de $|R|$: $g'(|R|)$ sommable pour les $\varphi_n(R)$ et si

$$\lim_{n \to \infty} \frac{1}{n} \langle \varphi_n(R) . g'(|R|) \rangle = 0,$$

que

$$\lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R, t) . g_{n_1}(R) \rangle = \lim_{n \to \infty} \sum_0^{n-n_1} \langle \varphi_n(R) . g_{n_1-p}(R) \rangle,$$

ce qui permet d'affirmer (les mesures étant normées : $\|\varphi_n\|_0 = 1$) que si

$$\lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R) . g_{n_1}(R)\, h_{n_2}(R) \rangle = \lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R) . g_{n_1}(R) \rangle \lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R) . h_{n_2}(R) \rangle,$$

où $g_{n_1}(R)$, $h_{n_2}(R)$ dépendent de n_1 et n_2 variables indépendantes parmi les v_i, on a également

$$\lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R, t) . g_{n_1}(R) h_{n_2}(R) \rangle = \lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R, t) . g_{n_1}(R) \rangle \lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R, t) . h_{n_2}(R) \rangle.$$

4. *Application à l'équation de Boltzmann.* — On cherche une solution de l'équation de Boltzmann mise sous forme fonctionnelle :

$$d_t \langle f(v_1, t) . g(v_1) \rangle = \langle f(v_1, t) f(v_2, t) . \omega_{12}\, g(v_1) \rangle \qquad (\omega_{12} = n\Omega_{12})$$

se réduisant à $f(v_1)$ pour $t = 0$. On suppose que $f(v_1) \in K_{2, \rho}$.

En posant $\varphi_n(R) = f(v_1) f(v_2) \ldots f(v_n)$ et en remarquant que les fonctions utiles sont celles pour lesquelles $g'(|R|) = a(1 + |R|^2/n)$ on peut appliquer les résultats précédents. D'autre part, un calcul direct montre que

$$d_t \langle \varphi_n(R, t) . g(R) \rangle \to \lim_{n \to \infty} d_t \langle \varphi_n(R, t) . g(R) \rangle$$

uniformément pour $0 \leq t \leq t_1 < 1/4\pi\rho$. On en déduit que la solution est donnée, la dérivée étant prise au sens usuel, par

$$\langle f(v_1, t).g(v_1)\rangle = \lim_{n \to \infty} \langle \varphi_n(R, t).g(v_1)\rangle,$$

solution qui peut être prolongée indéfiniment par itération.

(1) $|R| = (v_1^2 + v_2^2 + \ldots + v_n^2)$.
(2) P. R. Halmos, *Mesure theorie*.
(3) F. Riesz et B. Sz.-Nagy, *Leçons d'analyse fonctionnelle*.
(4) L. Schwartz, *Théorie des distributions*.

RELATIVITÉ. — *Sur les coordonnées isothermes en théorie unitaire.* Note de Mme **Françoise Maurer-Tison**, présentée par M. Georges Darmois.

Généralisation en théorie unitaire de l'expression du tenseur de Ricci en fonction des dérivées secondes des potentiels en relativité générale. Un calcul approché à l'ordre 3 donne les termes contenant des dérivées secondes, en coordonnées isothermes, dans K_ρ^λ tenseur mixte qui joue le rôle tenu par le tenseur d'Einstein S_ρ^λ en relativité générale.

Les notations sont celles de A. Lichnerowicz (1). Tous les calculs sont faits modulo des fonctions additives des potentiels et de leurs dérivées premières : cette congruence est notée $\sim$.

1. La manière la plus simple d'établir l'expression de $R_{\lambda\mu}$ en relativité générale est sans doute de partir des identités de Ricci pour le vecteur $g^{\alpha\underline{\beta}}$ (β indice mort).

$$\nabla_\lambda \nabla_\mu g^{\alpha\underline{\beta}} - \nabla_\mu \nabla_\lambda g^{\alpha\underline{\beta}} \sim R^\alpha{}_{\rho,\lambda\mu} g^{\rho\underline{\beta}}.$$

contractons en α et λ :

$$\nabla_\lambda \nabla_\mu g^{\lambda\underline{\beta}} - \nabla_\mu \nabla_\lambda g^{\lambda\underline{\beta}} \sim R_{\rho\mu} g^{\rho\beta},$$

on calcule $\nabla_\mu g^{\lambda\underline{\beta}}$ en profitant de ce que $\nabla_\mu g^{\lambda\beta} = 0$, et l'on trouve

$$R_{\rho\mu} g^{\rho\beta} \sim -\partial_\rho(\Gamma^\beta_{\mu\alpha} g^{\rho\alpha}) - \partial_\mu F^\beta, \qquad \text{avec} \quad F^\beta = -\Gamma^\beta_{\lambda\alpha} g^{\lambda\alpha}, \tag{1.1}$$

$$R_{\lambda\mu} \sim -g^{\rho\alpha}\partial_\rho(\Gamma^\beta_{\mu\alpha} g_{\beta\lambda}) - g_{\beta\lambda}\partial_\mu F^\beta. \tag{1.2}$$

On tire $\Gamma^\beta_{\mu\alpha} g_{\beta\lambda}$ de $\nabla_\alpha g_{\lambda\mu} = 0$, ce qui donne

$$R_{\lambda\mu} \sim -g^{\rho\alpha}\partial_{\rho\alpha} g_{\lambda\mu} + g^{\rho\alpha}\partial_\rho(\Gamma^\beta_{\lambda\alpha} g_{\mu\beta}) - g_{\beta\lambda}\partial_\mu F^\beta. \tag{1.3}$$

D'autre part, échangeons λ et μ dans (1.2)

$$R_{\lambda\mu} \sim \qquad - g^{\rho\alpha}\partial_\rho(\Gamma_{\lambda\alpha} g_{\beta\mu}) - g_{\beta\mu}\partial_\lambda F^\beta, \tag{1.4}$$

en ajoutant (1.3) et (1.4) on obtient la formule classique :

$$2R_{\lambda\mu} \sim -g^{\rho\alpha}\partial_{\rho\alpha} g_{\lambda\mu} - g_{\beta\lambda}\partial_\mu F^\beta - g_{\beta\mu}\partial_\lambda F^\beta.$$

2. En théorie du champ unifié, les équations de champ :

$$\partial_\rho g^{\alpha\beta} + L^{\alpha}_{\sigma\rho} g^{\sigma\beta} + L^{\beta}_{\rho\sigma} g^{\alpha\sigma} = 0, \tag{2.1}$$

$$\partial_\alpha g_{\lambda\mu} - L^{\beta}_{\lambda\alpha} g_{\beta\mu} - L^{\beta}_{\alpha\mu} g_{\lambda\beta} = 0, \tag{2.2}$$

vont remplacer les équations exprimant que le tenseur fondamental est à dérivée covariante nulle pour une connexion riemannienne. Ainsi, grâce à (2.1), (1.1) est toujours valable

$$P_{\rho\mu} g^{\rho\beta} \sim -\partial_\rho (L^{\beta}_{\mu\alpha} g^{\rho\alpha}) - \partial_\mu F^\beta, \qquad \text{avec} \quad F^\beta = -L^{\beta}_{\lambda\alpha} g^{\lambda\alpha}. \tag{2.3}$$

Pour utiliser (2.2), il faut échanger λ et μ et multiplier par $g_{\beta\mu}$:

$$P_{\rho\lambda} g^{\rho\beta} g_{\beta\mu} \sim -g^{\rho\alpha} \partial_{\rho\alpha} g_{\lambda\mu} + g^{\rho\alpha} \partial_\rho (L^{\beta}_{\alpha\mu} g_{\lambda\beta}) - \partial_\lambda F^\beta g_{\beta\mu}. \tag{2.4}$$

Le même travail, partant des identités de Ricci pour $g^{\beta\alpha}_{-}$ (β indice mort) permettra d'obtenir, au lieu de (2.3)

$$P_{\rho\mu} g^{\beta\rho} g_{\lambda\beta} \sim 2\partial_\rho S^{\rho}_{\alpha\mu} g^{\beta\alpha} g_{\lambda\beta} - g^{\alpha\rho} \partial_\rho (L^{\beta}_{\alpha\mu} g_{\lambda\beta}) - g_{\lambda\beta} \partial_\mu F^\beta. \tag{2.5}$$

Mais cette fois, l'utilisation de (2.1) a introduit la torsion. Ajoutons (2.4) et (2.5) et plaçons-nous dans un *système de coordonnées isothermes* ([2]) ($F^\beta = 0$).

$$P_{\rho\lambda} g^{\rho\beta} g_{\beta\mu} + P_{\rho\mu} g^{\beta\rho} g_{\lambda\beta} \sim -g^{\rho\alpha} \partial_{\rho\alpha} g_{\lambda\mu} + 2\, m^{\rho\alpha} \partial_\rho (L^{\beta}_{\alpha\mu} g_{\lambda\beta}) + 2\partial_\rho S^{\rho}_{\alpha\mu} g^{\beta\alpha} g_{\lambda\beta}. \tag{2.6}$$

3. Prenant $k_{\alpha\beta}$ pour infiniment petit principal nous allons développer les deux membres de (2.6) jusqu'à l'ordre 3.

Posons

$$G^{\rho}_{\lambda} = g^{\beta\rho} g_{\lambda\beta}, \qquad G'^{\rho}_{\lambda} = g^{\rho\beta} g_{\beta\lambda}, \qquad y^{\rho}_{\lambda} = h^{\rho\beta} k_{\lambda\beta}.$$

Un calcul simple montre que

$$G = I + 2y + 2y^2 + O(\varepsilon^3),$$
$$G' = I - 2y + 2y_2 + O(\varepsilon^3).$$

En ce qui concerne le deuxième membre $\partial_\rho S^{\rho}_{\alpha\mu} \sim P_{[\alpha\mu]}$ d'une part. D'autre part, des calculs fondés sur la décomposition classique ([2]).

$$L^{\beta}_{\alpha\mu} = \Gamma^{\beta}_{\alpha\mu} + S^{\beta}_{\alpha\mu} + O(\varepsilon^2) \qquad (\Gamma, \text{ symboles de Christoffel de } h_{\alpha\beta})$$

prouvent que si $L^{\beta}_{\alpha\mu} g_{\lambda\beta} = s_{\alpha\lambda\mu} + a_{\alpha\lambda\mu} + O(\varepsilon^2)$ avec $s_{\alpha\lambda\mu}$ (resp. $a_{\alpha\lambda\mu}$) symétrique (resp. antisymétrique) en λ et μ :

$$2\, s_{\alpha\lambda\mu} = \partial_\alpha h_{\lambda\mu} + \partial_\mu k_{\alpha\lambda} + \partial_\lambda k_{\alpha\mu} - 2\, \Gamma^{\sigma}_{\lambda\mu} k_{\alpha\sigma} + 2\, \Gamma^{\sigma}_{\alpha\lambda} k_{\mu\sigma} + 2\, \Gamma^{\sigma}_{\alpha\mu} k_{\lambda\sigma},$$
$$2\, a_{\alpha\lambda\mu} = \partial_\mu h_{\lambda\alpha} - \partial_\lambda h_{\alpha\mu} + \partial_\alpha k_{\lambda\mu}.$$

La partie antisymétrique en λ et μ de (2.6) fournit alors directement $P_{[\lambda\mu]}$ à condition d'utiliser en première approximation $2\, P_{(\lambda\mu)} \sim -l^{\rho\alpha} \partial_{\rho\alpha} h_{\lambda\mu} + O(\varepsilon^2)$.

$$2\, P_{[\lambda\mu]} \sim l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} k_{\lambda\mu} + m^{\alpha\beta} (\partial_{\alpha\lambda} h_{\beta\mu} - \partial_{\alpha\mu} h_{\beta\lambda}) - y^{\sigma}_{\lambda} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} h_{\sigma\mu} + y^{\sigma}_{\mu} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} h_{\sigma\lambda} + O(\varepsilon^3) \tag{3.1}$$

Puis, ce résultat, reporté dans la partie symétrique de (2.6) conduit à

$$2\, P_{(\lambda\mu)} \sim -l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} h_{\lambda\mu} + m^{\alpha\beta} (\partial_{\alpha\lambda} k_{\beta\mu} + \partial_{\alpha\mu} k_{\beta\lambda}) + y^{\sigma}_{\lambda} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} k_{\sigma\mu} + y^{\sigma}_{\mu} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} k_{\sigma\lambda}$$
$$- 2\, m^{\alpha\beta} y^{\sigma}_{\beta} \partial_{\alpha[\lambda\mu\sigma]} + 2\, y^{\sigma}_{\lambda} y^{\sigma}_{\mu} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} h_{\rho\sigma} + O(\varepsilon^3). \tag{3.2}$$

4. Pour terminer nous donnerons l'expression de $K_\lambda^\sigma = H_\lambda^\sigma - (1/2)\delta_\lambda^\sigma H_\tau^\tau$ qui est le tenseur « conservatif » de la théorie unitaire ([1])

$$H_\lambda^\sigma = P_{(\lambda\mu)} l^{\sigma\mu} + P_{[\lambda\mu]} m^{\sigma\mu},$$

l'expression de H_λ^σ résulte donc directement de (3.1) et (3.2). D'après (1.1) :

$$2 H_\tau^\tau = P_{\lambda\mu} g^{\lambda\mu} \sim - g^{\rho\sigma} g^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} g_{\rho\sigma} \sim - l^{\rho\sigma} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} h_{\rho\sigma} - m^{\rho\sigma} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} k_{\rho\sigma} + O(\varepsilon^3),$$

on peut contrôler que la contraction de H_λ^σ donne le même résultat. On obtient ainsi :

$$(4.1) \qquad 2 K_\lambda^\sigma h_{\sigma\mu} = - \sqrt{-h}\, \Box \frac{h_{\lambda\mu}}{\sqrt{-h}} + 2 t_{\lambda\mu} \qquad (\text{avec } \Box f = h^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} f),$$

où

$$\begin{aligned} 2 t_{\lambda\mu} = {} & m^{\alpha\beta} (\partial_{\alpha\lambda} k_{\beta\mu} + \partial_{\alpha\mu} k_{\beta\lambda}) + m^{\sigma\rho} h_{\sigma\lambda} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} k_{\rho\mu} + m^{\alpha\rho} m^{\beta\sigma} l_{\rho\sigma} (\partial_{\alpha\lambda} h_{\mu\beta} + \partial_{\alpha\mu} h_{\beta\lambda}) \\ & + m^{\sigma\rho} m^{\delta\gamma} h_{\sigma\lambda} h_{\delta\mu} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} h_{\rho\gamma} + m^{\alpha\beta} m^{\sigma\rho} h_{\sigma\mu} (\partial_{\alpha\lambda} h_{\rho\beta} - \partial_{\alpha\rho} h_{\beta\lambda}) \\ & + \frac{1}{2} h_{\lambda\mu} (m^{\rho\sigma} l^{\alpha\beta} \partial_{\alpha\beta} k_{\rho\sigma} - m^{\alpha\gamma} m^{\beta\delta} l^{\rho\sigma} l_{\gamma\delta} \partial_{\alpha\beta} h_{\rho\sigma} - m^{\rho\gamma} m^{\sigma\delta} l^{\alpha\beta} l_{\gamma\delta} \partial_{\alpha\beta} h_{\rho\sigma}) + O(\varepsilon^3). \end{aligned}$$

Sous la forme (4.1), ou sous une forme analogue, des hypothèses quasi-galiléennes nous permettront de comparer ces équations à celles de la relativité générale $S_{\lambda\mu} - \chi T_{\lambda\mu} = 0$ en théorie des approximations ([3]). Cette comparaison pourrait suggérer une interprétation de $t_{\lambda\mu}$ comme tenseur d'impulsion-énergie.

(1) A. Lichnerowicz, *J. Rat. Mech. and Anal.* 3,, 1954, p. 487-521.
(2) M. A. Tonnelat, *La théorie du champ unifié*, Paris, Gauthier-Villars, 1955.
(3) F. Hennequin, *Thèse*, Paris, 1956, p. 37.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations de l'électron magnétique déduites de la théorie des champs de tétrapodes.* Note (*) de M. **Alix Aymard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Partant d'équations établies dans une Note précédente ([1]) on donne une interprétation du lagrangien, la décomposition du courant et une représentation géométrique de l'horloge de Louis de Broglie.

Invariants. — Les deux invariants de la théorie de l'électron magnétique sont le contracté de l'impulsion-énergie égal à $m_0 c \rho \cos\omega$ d'après (I.5) et la divergence du spin égale à $-\varepsilon\rho\, m_0 c \sin\omega$ d'après (I.4); la somme des carrés de ces invariants est $m_0^2 c^2 \rho^2$.

Interprétation du lagrangien. — Les deuxième et troisième termes du lagrangien s'écrivent :

$$\frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\,\rho\{\mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}})\} = \frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\,\rho\{\mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) - \mathbf{C}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{A}})\} = \frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\,\rho[\mathbf{BC}]\operatorname{rot}\mathbf{A}.$$

Comme les composantes d'espace de rot **A** sont les composantes de la rotation

et les composantes d'espace de $(\hbar/2)\sqrt{-g}\rho[\mathbf{BC}]$ celles de la densité de moment cinétique puisque l'on a par exemple

$$\frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\rho[\mathbf{BC}]^{23}=\varepsilon\frac{\hbar}{2}\rho[\mathbf{DA}]_{01}=\varepsilon\frac{\hbar}{2}\rho(D_0A_1-D_1A_0)\qquad \varepsilon=[\overline{\mathbf{ABCD}}]=\pm 1$$

composante qui dans le système propre se réduit à $-\varepsilon(\hbar/2)\rho D_1$, ces termes représentent l'action de rotation interne complétée par des termes d'accélération provenant des composantes mixtes espace-temps.

Décomposition du courant. — L'équation vectorielle (I.α) (²) s'écrit en divisant par $(\hbar/2)\sqrt{-g}$ et remarquant que $\mathbf{A}\,\partial\mathcal{L}/\partial\mathbf{B}=0$, $\mathbf{A}\,\partial\mathcal{L}/\partial\mathbf{C}=0$

$$\rho(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})-(\mathrm{div}\,\rho\mathbf{B})\,\mathbf{C}-\rho\mathbf{C}_{,m}B^m+\rho\mathbf{B}_{,m}C^m-\rho\mathbf{A}\{\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})-\mathbf{B}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{C}})+\mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}})\}-\rho\mathbf{D}(\mathbf{A}\dot{\omega})=0$$

ou en tenant compte de (I.3) et (I.5)

$$(3)\qquad \frac{2}{\hbar}m_0c\rho\,\mathbf{A}\cos\omega=\mathrm{div}\,\rho[\mathbf{BC}]-\rho\dot{\omega}[\mathbf{DA}]-\rho(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}).$$

On a d'autre part :

$$\mathrm{div}\,\rho[\mathbf{DA}]=(\mathrm{div}\,\rho\mathbf{D})\,\mathbf{A}-(\mathrm{div}\,\rho\mathbf{A})\,\mathbf{D}-\rho A^k\mathbf{D}_{,k}+\rho D^k\mathbf{A}_{,k}$$

ou en tenant compte de (I.1) et (I.4)

$$\mathrm{div}\,\rho[\mathbf{DA}]=-\frac{2}{\hbar}m_0c\rho\,\mathbf{A}\sin\omega-\rho A^k\mathbf{D}_{,k}+\rho D^k\mathbf{A}_{,k}.$$

Faisons apparaître les projections de $\mathbf{A}_{,k}$ et $\mathbf{D}_{,k}$ sur le tétrapode on a

$$\mathrm{div}\,\rho[\mathbf{DA}]=-\frac{2}{\hbar}m_0c\rho\mathbf{A}\sin\omega+\rho\mathbf{A}\{-\mathbf{A}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{D}})\}-\rho\mathbf{B}\{-\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{D}})+\mathbf{D}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{A}})\}-\rho\mathbf{C}\{-\mathbf{A}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{D}})+\mathbf{D}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}})\}-\rho\mathbf{D}\{\mathbf{D}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}})\}$$

ou en tenant compte de (I.7) et (I.8)

$$(4)\qquad \frac{2}{\hbar}m_0c\rho\,\mathbf{A}\sin\omega=-\mathrm{div}\,\rho[\mathbf{DA}]-\rho\dot{\omega}[\mathbf{BC}]+\rho(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}}).$$

Multiplions (3) par $\cos\omega$ (4) par $\sin\omega$ et ajoutons nous obtenons :

$$(5)\qquad \frac{2}{\hbar}m_0c\rho\mathbf{A}=\mathrm{div}\,\rho([\mathbf{BC}]\cos\omega-[\mathbf{DA}]\sin\omega)-\rho\{(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})\cos\omega-(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}})\sin\omega\}.$$

Cette égalité montre que le courant ρA est la somme de deux termes : l'un égal à la divergence du tenseur antisymétrique

$$[P]=\frac{\hbar}{2m_0c}\rho([\mathbf{BC}]\cos\omega-[\mathbf{DA}]\sin\omega)$$

est le courant de polarisation, la polarisation [P] ayant pour composantes d'espace celles du moment magnétique et pour composantes mixtes celles du

moment électrique, l'autre égal à $-(\hbar/2m_0c)\rho\{(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})\cos\omega - (\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}})\sin\omega\}$ est le courant de convection. Ces deux courants sont conservatifs.

La polarisation a l'expression suivante en fonction du moment cinétique

$$[C] = \frac{\hbar}{2}\rho[\mathbf{BC}],$$

$$[P] = \frac{1}{m_0c}([C]\cos\omega - \varepsilon[C]\sin\omega), \qquad \varepsilon = [\overline{\mathbf{ABCD}}] = \pm 1.$$

Courant magnétique. — Multiplions (3) par $\sin\omega$ (4) par $\cos\omega$ et retranchons nous obtenons

$$\operatorname{div}\rho([\mathbf{BC}]\sin\omega + [\mathbf{DA}]\cos\omega) - \rho\{(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})\sin\omega + (\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}})\cos\omega\} = 0.$$

Le dual de la polarisation est :

$$[\overline{P}] = \frac{\hbar}{2m_0c}\rho([\overline{\mathbf{BC}}]\cos\omega - [\overline{\mathbf{DA}}]\sin\omega) = -\varepsilon\frac{\hbar}{2m_0c}\rho([\mathbf{DA}]\cos\omega + [\mathbf{BC}]\sin\omega)$$

on a donc

$$\overline{\operatorname{rot}[P]} = -\varepsilon\frac{\hbar}{2m_0c}\rho\{(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})\sin\omega + (\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}})\cos\omega\}$$

Le vecteur du second membre est le courant de polarisation magnétique qui est conservatif.

L'horloge de L. de Broglie. — Nous dirons qu'un champ est stationnaire lorsque les composantes du potentiel de gravitation, du courant, du spin et de l'impulsion-énergie ne dépendent pas du temps. Supposons que dans un système de référence sans rotation, c'est-à-dire où les g_{i0} sont nuls, le champ soit stationnaire; en dérivant par rapport au temps la relation $g^{ij}A_iA_j = 1$ on obtient $A^iA_{i,0} = 0$ et comme $(\rho A_i)_{,0} = 0$ on en déduit en multipliant par A^i que $\rho_{,0} = 0$, $A_{i,0} = 0$. De même $D_{i,0} = 0$, d'où $\omega_{,0} = 0$.

En un point fixe du système de référence le bivecteur $[\mathbf{DA}]$ et, par conséquent, le bivecteur $[\mathbf{BC}] = \varepsilon[\overline{\mathbf{DA}}]$ ne dépendent pas du temps. L'ensemble des vecteurs **B** et **C** tourne donc en restant dans un même plan.

Dérivons par rapport au temps les relations

$$g^{ij}A_iC_j = 0, \qquad g^{ij}C_iC_j = -1, \qquad g^{ij}D_iC_j = 0, \qquad g^{ij}B_iC_j = 0,$$

nous obtenons

$$A^iC_{i,0} = 0, \qquad C^iC_{i,0} = 0, \qquad D^iC_{i,0} = 0, \qquad B^iC_{i,0} + C^iB_{i,0} = 0,$$

ce qui montre que

$$C_{i,0} = kB_i, \qquad B^iC_{i,0} = -k, \qquad B_{i,0} = -kC_i.$$

On montre facilement que la densité d'énergie se réduit à

$$\mathfrak{T}^0{}_0 = \frac{\hbar}{2}\sqrt{-g}\,\rho A^0 k,$$

comme elle est constante, k ne dépend pas du temps et il en résulte

$$C_{l,0,0} = kB_{l,0} = -k^2 C_l \qquad \text{d'où} \qquad C_l = f(x^1 x^2 x^3) \cos kct,$$

ce qui montre que les vecteurs **B** et **C** ont leurs composantes oscillant avec la fréquence $\nu = kc/2\pi$.

Comme $\sqrt{-g}\rho A^0$ est le facteur de densité, le facteur d'intensité d'énergie W/c est $W/c = h\nu/2c$. L'ensemble des deux vecteurs **B** et **C** tournant dans un plan avec la fréquence $\nu = 2W/h$ donne une représentation géométrique de l'horloge de L. de Broglie.

(*) Séance du 15 octobre 1956.
(1) A. Aymard, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 885.
(2) *Ibid.*

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Réversibilité et irréversibilité en résonance nucléaire.* Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

On démontre l'irréversibilité des échanges d'énergie spin-réseau à partir de l'équation de Schrödinger. Cette Note ne contient qu'une partie du raisonnement qui sera achevé dans une seconde publication.

1. Le problème fondamental de la Mécanique statistique des phénomènes irréversibles en résonance nucléaire consiste à éclaircir la contradiction qui semble exister entre la *réversibilité* par rapport au temps de l'équation de Schrödinger qui régit l'évolution des spins et *l'irréversibilité* des interactions spin-réseau amenant les spins à l'équilibre thermique avec le réseau. C'est à ce problème qu'est consacré le présent travail.

La première étude importante sur l'évolution irréversible d'un système matériel macroscopique vers son état d'équilibre en Mécanique quantique est due à W. Pauli (1). Pauli écrit l'hamiltonien du système sous la forme $\mathcal{H} = H + V$. H est l'énergie non perturbée, V est une perturbation induisant des transitions entre les états propres $m, n, \ldots$ de H et ramenant ainsi le système vers son état d'équilibre. Mais Pauli ne parvient à déduire cette évolution irréversible à partir de l'équation de Schrödinger $i\hbar\, d\psi/dt = \mathcal{H}\psi$ que moyennant l'hypothèse que les phases des amplitudes de probabilité des ondes ψ dans la représentation $m, n, \ldots$, restent réparties au hasard tout au long du mouvement, c'est-à-dire que

$$(m \mid \rho(t) \mid n) = \delta_{mn}(m \mid \rho(t) \mid m), \tag{I.1}$$

ρ étant l'opérateur densité. Cette hypothèse est cependant inacceptable, car si (I.1) était vérifiée à un instant t, elle ne le serait plus à un instant ultérieur $t + \delta t$ comme on le vérifie facilement en intégrant $i\hbar\, d\rho/dt = [\mathcal{H}, \rho]$. Un

progrès substantiel fut réalisé par L. van Hove en 1955 ([2]). Van Hove a pu montrer sans faire un usage répété de l'hypothèse des phases réparties au hasard que certaines perturbations V obéissant à une condition bien déterminée engendrent des phénomènes de relaxation à partir de certains états initiaux du système. Enfin, en février 1956, l'auteur a publié une théorie de la relaxation par mouvements moléculaires internes en résonance quadrupolaire ([3]) où le retour des spins à l'équilibre thermique avec le réseau était démontré à partir de l'équation de Schrödinger sans faire intervenir l'artifice des phases réparties au hasard.

2. Nous analyserons ici la relaxation des systèmes matériels pour lesquels l'hamiltonien est de la forme

$$(I.2)\qquad \mathcal{H} = H + V(t), \qquad \overline{V(t)} = 0,$$

où H est l'hamiltonien non perturbé et $V(t)$ une perturbation fonction aléatoire stationnaire du temps. Dans le cas de la résonance nucléaire que nous avons en vue, $H = -\gamma\hbar H_0 I_z$ est l'énergie d'un spin dans le champ magnétique constant $\vec{H}_0$, $V(t)$ est l'énergie de couplage spin-réseau. Le réseau se comporte comme un thermostat, d'où le caractère stationnaire de $V(t)$. Nous traitons ce thermostat comme un système « classique » et non quantique, cette approximation ayant été reconnue valable lorsque $\hbar\omega_{mn} \ll kT$ ([4]) ($\omega_{mn} = (E_m - E_n)/\hbar$; E_m, E_n, ... valeurs propres de H). Notre étude suppose que chaque spin se relaxe indépendamment des autres spins qui l'environnent; elle pourra aisément être généralisée au cas où plusieurs spins se relaxent « ensemble » (par exemple les deux spins des protons dans H_2O); la théorie s'appliquera avant tout au cas des spins nucléaires dans un liquide ou dans un gaz.

3. Les méthodes classiques de la Mécanique statistique comporteraient l'introduction d'un ensemble de Gibbs de systèmes spin-réseau provenant de la réunion d'un ensemble de Gibbs de spins et d'un ensemble de Gibbs canonique de thermostats, un opérateur densité ρ définissant la distribution des systèmes spin-réseau dans l'ensemble résultant considéré. Toutefois, nous n'emploierons pas ici les ensembles statistiques, qui au mieux ne donneront qu'un théorème H *statistique* et ne permettent pas de préciser quelles conditions initiales du système conduiront à la relaxation ([5]).

4. Nous étudions la relaxation d'un système de N spins, dans un liquide par exemple. La fonction d'onde $\psi^{(j)}(t)$ relative au $j^{\text{ième}}$ spin ($j = 1, \ldots N$) est

$$(I.3)\qquad \psi^{(j)}(t) = T^{(j)}(t)\psi^{(j)}(0) = \sum_m a_m^{(j)}(t)\,|\,m\rangle,$$

l'opérateur d'évolution $T^{(j)}(t)$ relatif au $j^{\text{ième}}$ spin étant égal à

$$(I.4)\qquad T^{(j)}(t) = e^{-i\int_0^t \mathcal{H}^{(j)}(t')\,dt'} = e^{-i\int_0^t [H + V^{(j)}(t')]\,dt'}$$

Nous poserons

$$\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} a_n^{(j)*}(t)\, a_m^{(j)}(t) = \overline{a_n^*(t)\, a_m(t)} = \sigma_{mn}(t), \tag{I.5}$$

$\sigma_{mn}(t)$ n'est pas l'élément $\rho_{mn}(t)$ de la matrice de densité puisque dans (I.5) la moyenne porte sur les N spins nucléaires du liquide et non pas sur les spins nucléaires d'un ensemble statistique. Les échanges d'énergie spin-réseau sont régis par les éléments diagonaux $\sigma_{mm}(t)$, dont l'étude fait l'objet d'une seconde publication.

(1) *Festschrift zum* 60 *Geburtstage Sommerfelds*, 1928, p. 30.

(2) *Physica*, **21**, 1955, p. 517.

(3) J. Seiden, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 763.

(4) J. Seiden, *J. Phys. Rad.*, **17**, 1956, p. 879.

(5) Remarquons que la plupart des Ouvrages de Mécanique statistique (Tolman par exemple) justifient l'introduction d'ensembles statistiques par le fait que l'état initial du système dont on désire étudier la relaxation n'est pas parfaitement connu, par exemple les fonctions d'onde de chacun des spins d'un liquide ne sont pas exactement connues à l'instant initial. On est ainsi tenté d'attribuer la relaxation à cette connaissance partielle de l'état initial, point de vue tout à fait inacceptable puisque la relaxation est un processus physique objectif, réellement observé, indépendant de notre connaissance du système à l'instant initial. Naturellement, cette remarque ne signifie pas que l'auteur rejette l'utilisation des ensembles en Mécanique statistique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formation de l'éthane lors du craquage du propane*. Note de Mme **Nina Medvedeva**, M. **Moïse Neiman** et Mlle **Hélène Torsoueva**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Les principaux produits de craquage du propane sont CH_4, $CH_2=CH_2$, $CH_3-CH=CH_2$ et H_2 (1). On obtient également de l'éthane qu'on suppose être un produit de recombinaison des radicaux méthyle. Nous avons entrepris l'étude du mécanisme de cette formation par la méthode cinétique utilisant les atomes marqués, qui a été récemment mise au point et décrite ailleurs (2). Cette méthode permet, en principe, de déterminer la succession et les vitesses de formation et de consommation des produits intermédiaires.

Nous avons effectué dans ce but de nombreuses expériences de craquage d'un mélange contenant du propane (350 mm Hg), de l'éthane (2 mm Hg) et de l'éthylène (3,5 mm Hg), hydrocarbures marqués par le radiocarbone ^{14}C. Les expériences ont été réalisées dans un récipient en quartz selon une méthode statique à la température de 574° C. A diverses reprises, le mélange était évacué du récipient de réaction et séparé par chromatographie (3) en ses composants : CH_4, C_2H_6, C_2H_4, C_3H_8 et C_3H_6. Ces produits étaient ensuite oxydés en CO_2 qu'on transformait finalement en $BaCO_3$.

L'activité spécifique de ce dernier a été mesurée à l'aide d'un compteur Geiger-Müller à fenêtre mince en mica.

Les expériences ont montré que parmi tous les produits, seuls C_2H_4 et C_2H_6 avaient une activité spécifique élevée. Comme il ressort de la figure 1, l'activité spécifique de l'éthylène a diminue au cours du temps (courbe 1) et l'activité

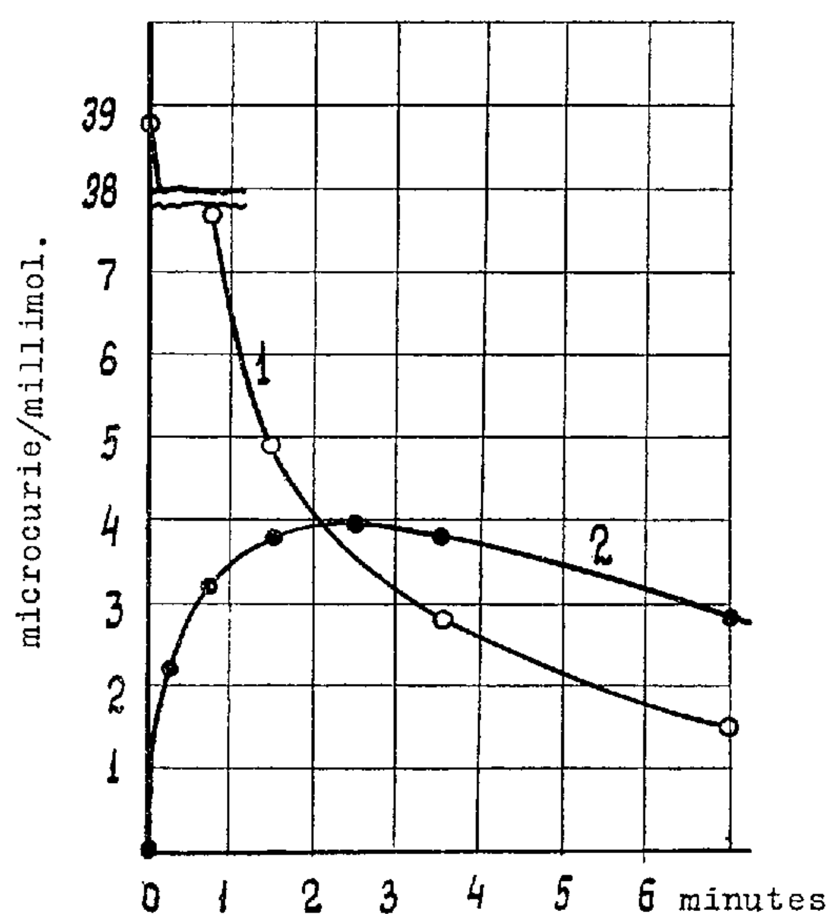


Fig. 1.

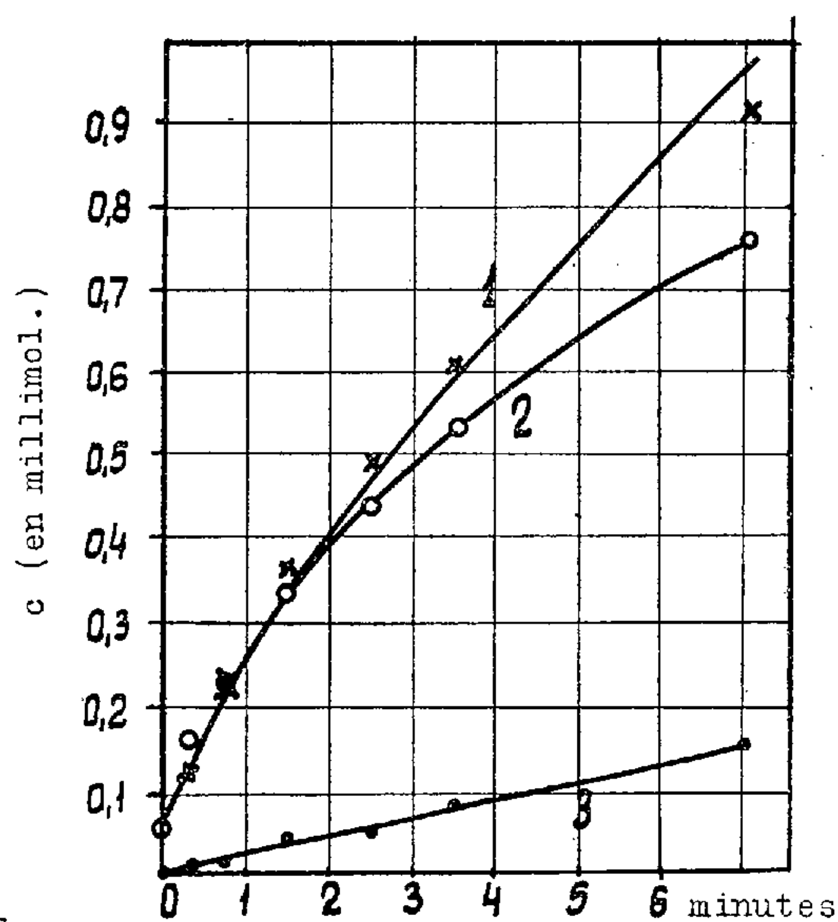


Fig. 2.

spécifique de l'éthane b croît au début, passe par un maximum et diminue ensuite (courbe 2). Une telle variation doit avoir lieu si l'unique prédécesseur de l'éthane est l'éthylène. Comme la méthode cinétique l'indique, dans ce cas on peut appliquer la formule

$$\frac{db}{dt} = \frac{w(a-b)}{[C_2H_4]}, \tag{1}$$

où w est la vitesse de formation de l'éthane à partir de l'éthylène. Avec les conditions initiales $b = 0$ et $(db/dt) > 0$, $a = b$ au maximum de b, ce qu'on observe effectivement.

La méthode cinétique permet de calculer la quantité d'éthylène formée lors du craquage du propane. La vitesse de formation de l'éthylène w_1 est déterminée par l'équation

$$w_1 = -[C_2H_4]\frac{d\ln a}{dt}. \tag{2}$$

Il en résulte que la quantité c d'éthylène formée (sans tenir compte de sa consommation) est

$$c = \int w_1\,dt = \int_a^{a_0} [C_2H_4]\,d\ln a. \tag{3}$$

Les résultats du calcul effectué à l'aide de l'équation (3) sont donnés dans la figure 2 (courbe 1), qui contient également les courbes expérimentales de l'accumulation de l'éthylène (2) et de l'éthane (3). Si l'éthylène se transforme seulement en éthane, $c = [C_2H_4] + [C_2H_6]$. Les valeurs expérimentales de $[C_2H_4] + [C_2H_6]$ sont représentées sur la figure 2 par des croix, qui, dans les limites des erreurs expérimentales, sont bien situées sur la courbe théorique (1). L'éthane est donc le produit unique de la transformation de l'éthylène.

En conclusion, nos expériences montrent que lors du craquage du propane, l'éthane se forme non pas par recombinaison des radicaux méthyle, mais principalement par suite de l'hydrogénation de l'éthylène. Ainsi, ce dernier n'est pas le produit final de la réaction du craquage.

(1) F. O. Rice, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1959.

(2) M. B. Neiman, *J. Chim. Phys. russe*, 28, 1954, p. 1235; A. F. Loukovnikov et M. B. Neiman, *ibid.*, 29, 1955, p. 1410; M. B. Neiman et G. I. Feklisov, *ibid.*, 30, 1956, p. 1126.

(3) A. A. Joukhovitzsky, O. V. Zolotareva, V. A. Sokolov et N. M. Tourkeltaub, *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 77, 1951, p. 435; N. I. Medvedeva, E. S. Torsoueva, *Travaux de la Commission sur la chimie analytique* (U. R. S. S.), 6, 1955, p. 88.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrale de la chimiluminescence produite au cours de la décomposition de l'hydrazine anhydre. Considérations nouvelles sur l'origine de la bande α de l'ammoniac.* Note (*) de MM. **Guy Pannetier** et **Henri Guenebaut**, présentée par M. Paul Pascal.

L'émission produite au cours de la décomposition de l'hydrazine anhydre ne fait intervenir que le radical NH et les bandes α de l'ammoniac. Comme cette décomposition exclut l'oxygène, une conséquence directe de cette expérience est de renforcer l'hypothèse généralement admise que les bandes α de l'ammoniac sont dues au radical NH_2.

Dès que la concentration en hydrazine pure dépasse 80 % dans les hydrazines hydratées, il n'est plus possible d'en obtenir la décomposition à l'état stationnaire au débouché d'une veine laminaire. La technique du brûleur tel que l'un d'entre nous et R. Hartoulari (1) l'ont décrite, n'est plus applicable, par suite de l'augmentation de la vitesse de propagation de la décomposition et de l'apparition des phénomènes d'instabilité qui en découlent.

Aussi l'analyse spectrale de la chimiluminescence jaune orangé produite dans la décomposition de la vapeur d'hydrazine anhydre n'avait-elle pas été décrite dans la littérature scientifique.

Cette émission a été analysée en accumulant sur une même plaque le rayonnement de 20 à 25 000 décompositions indépendantes et successives.

Le principe de la technique utilisée est le même que celui mis en œuvre par

les auteurs dans l'analyse de la chimiluminescence de l'acide azothydrique normal N_3H [2] et lourd N_3D [3]. L'appareillage a néanmoins été modifié pour que la tension de vapeur de l'hydrazine admise à se décomposer soit de l'ordre d'une trentaine de centimètres de mercure et pour cela il a été plongé dans un bain maintenu approximativement à 85° C.

Sur le premier cliché, I représente le spectre obtenu dans de telles conditions avec de l'hydrazine rigoureusement anhydre; ce spectre est suivi en II par celui du cône intérieur de la flamme de prémélange ammoniac-oxygène et

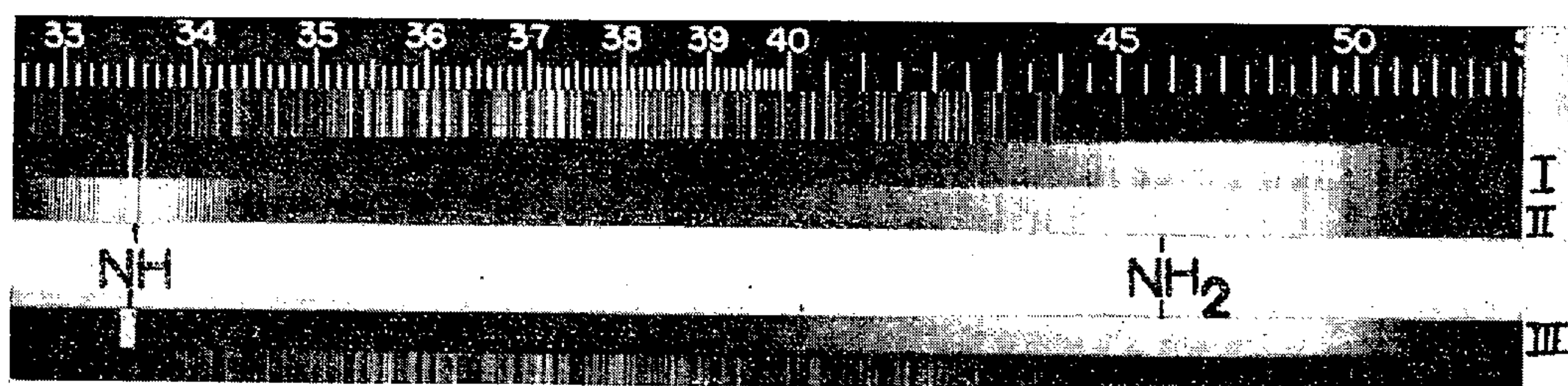


Fig. 1.

en III par celui que l'on obtient avec une pose de quatre heures pour la décomposition stationnaire d'une hydrazine hydratée correspondant sensiblement à la composition N_2H_4, 1/2 H_2O. Dans ce tout dernier cas, le spectre III n'a d'ailleurs pu être obtenu qu'en utilisant une largeur de fente supérieure à l'écart linéaire normal des deux bandes (0,0) et (1,1) du radical NH. Ces premiers clichés ont été effectués avec des plaques très sensibles, mais non impressionnées au-delà de 5200 Å. Le deuxième cliché, légèrement sous-exposé est pris avec une émulsion sensible jusqu'aux environs de 6500 Å.



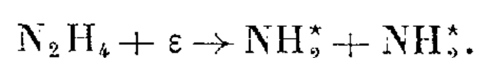
Fig. 2.

Les spectres obtenus sont caractérisés par la présence, aux environs de 4200 Å, d'un groupe de bandes diffuses s'étendant, du côté des grandes longueurs d'onde, jusqu'à la limite de sensibilité des plaques utilisées. A 3360 et 3370 Å apparaissent faiblement les deux bandes principales du radical NH. On ne remarque pas la présence des bandes du deuxième système positif de l'azote. En outre, malgré la faible exposition de nos clichés aux environs de 5600 Å,

nous pouvons affirmer que les deux bandes diffuses situées à 5 635 et 5 670 Å, observées par Schuster (4) et attribuées par lui à la molécule NH_3 sont absentes.

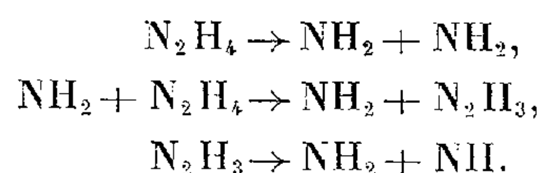
La conclusion la plus importante de cette description résulte de la coïncidence parfaite de l'ensemble des spectres représentés sur le premier cliché, tant au point de vue de la répartition des différentes bandes que de la distribution de leur intensité dans le domaine spectral allant de 4 200 à 6 500 Å. Ce résultat, joint à l'utilisation d'un produit rigoureusement anhydre pour la réalisation du spectre de chimiluminescence, ce qui exclut définitivement la participation de l'oxygène à la nature de l'émetteur de ces bandes et aux documents déjà publiés (5) concernant la décomposition de N_3H, constitue une série très importante de preuves expérimentales en bon accord avec l'hypothèse qui identifierait avec NH_2 l'émetteur des bandes α de l'ammoniac. De plus ce résultat permet d'affirmer que ces bandes ne correspondent qu'à un seul émetteur puisque, s'il en était autrement, il n'y aurait aucune raison que les populations des divers émetteurs constituants soient dans les mêmes rapports dans les cinétiques différentes de décomposition de N_2H_4 ou de combustion de NH_3.

Enfin, l'analyse spectrale de la chimiluminescence de l'hydrazine anhydre jette une lumière favorable sur les hypothèses à peu près communes émises par tous ceux qui se sont intéressés à la cinétique de décomposition de ce produit et qui admettent que le premier stade de la fragmentation de la molécule d'hydrazine serait



$$N_2H_4 + \varepsilon \rightarrow NH_2^* + NH_2^*.$$

La faible population des radicaux NH par rapport à celle des NH_2 semblerait favoriser de plus un mécanisme de propagation en chaîne tel que



$$\begin{aligned} N_2H_4 &\rightarrow NH_2 + NH_2, \\ NH_2 + N_2H_4 &\rightarrow NH_2 + N_2H_3, \\ N_2H_3 &\rightarrow NH_2 + NH. \end{aligned}$$

déjà préconisé par D. A. Ramsay (6) à la suite de ses études sur la photolyse de ce même composé.

(*) Séance du 15 octobre 1956.

(1) G. Pannetier et R. Hartoulari, *J. Chim. Phys.*, 1956, p. 71.

(2) G. Pannetier et A. G. Gaydon, *J. Chim. Phys.*, nos 5-6, 1951, p. 48.

(3) G. Pannetier, H. Guenebaut et A. G. Gaydon, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 958.

(4) W. B. Rimmer, *P. R. S.*, 109, 1923, p. 696.

(5) S. Leach et G. Pannetier, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 413-416.

(6) *J. Phys. Chem.*, 57, no 4, 1953, p. 415.

MACROMOLÉCULES. — *De la détermination de la viscosité intrinsèque d'un haut polymère en chaîne non ramifiée à partir de la viscosité spécifique de sa solution.* Note (*) de M. **François-A. Abadie-Maumert**, présentée par M. Paul Pascal.

La viscosité intrinsèque $[\eta]$ d'une solution d'un haut polymère en chaîne non ramifiée s'obtient, en général à partir de sa viscosité spécifique η_{sp}, soit par extrapolation graphique à la concentration $c=0$ sur un graphique semi-logarithmique dont les courbes de références sont obtenues à l'aide de la formule de Martin [1] :

$$\log\frac{\eta_{sp}}{c}=\log[\eta]+k[\eta]c, \tag{1}$$

soit directement en utilisant la formule de G. Schulz et F. Blaschke [2] :

$$[\eta]=\frac{\frac{\eta_{sp}}{c}}{1+K\eta_{sp}}. \tag{2}$$

L'extrapolation d'après Martin a l'inconvénient de manquer de précision surtout pour les valeurs élevées de $[\eta]$. Quant à la formule de Schulz et Blaschke, elle n'est valable, pour une valeur de K donnée, que si le produit $[\eta]c$ est égal à une valeur déterminée et constante, ce qui est rarement réalisable dans la pratique.

La combinaison du graphique semi-logarithmique de Martin et de la formule de Schultz et Blaschke permet, en faisant varier la valeur de K, d'obtenir facilement des valeurs de $[\eta]$ précises.

Pour un haut polymère en chaîne non ramifiée dissous dans un solvant donné, la valeur de k de la formule (1) est obtenue expérimentalement par extrapolation graphique à la concentration de η_{sp}/c obtenue à différentes concentrations. L'expérience montre que k est pratiquement indépendant de $[\eta]$, de η_{sp}/c et de c, ce qui permet de tracer les droites représentant les variations correspondant à des valeurs de $[\eta]$ données en fonction de c.

La formule (1) permet également de calculer les valeurs de η_{sp} correspondant à un produit constant de $[\eta]c$ pour différentes valeurs de $[\eta]$. En remplaçant $[\eta]$, η_{sp}, et c par leur valeur dans la formule (2), on obtient la valeur de K correspondant au produit $[\eta]c$ considéré. En réunissant sur le graphique semi-logarithmique d'après Martin, les valeurs de η_{sp}/c pour lesquelles K a la valeur trouvée, on obtient une courbe aux environs de laquelle la formule (2) est utilisable avec une valeur de K constante. En faisant varier le produit $[\eta]c$ on obtient une série de courbes correspondant à différentes valeurs de K.

Lorsque l'on a expérimentalement obtenu η_{sp} et c correspondant au polymère étudié, on détermine d'abord sur le graphique semi-logarithmique correspondant le point ayant c en abscisse et η_{sp}/c en ordonnée. La valeur de K à utiliser dans la formule (2) est celle de la courbe K la plus proche du point obtenu.

La méthode ci-dessus a été en particulier vérifiée avec des solutions de nitrocellulose dans l'acétone. Le tableau donne, pour trois échantillons de nitrocellulose en solution acétonique, les valeurs calculées de [η] à l'aide de la formule (2) avec pour K les valeurs obtenues d'après les courbes de la figure 1 tracées suivant la méthode décrite plus haut.

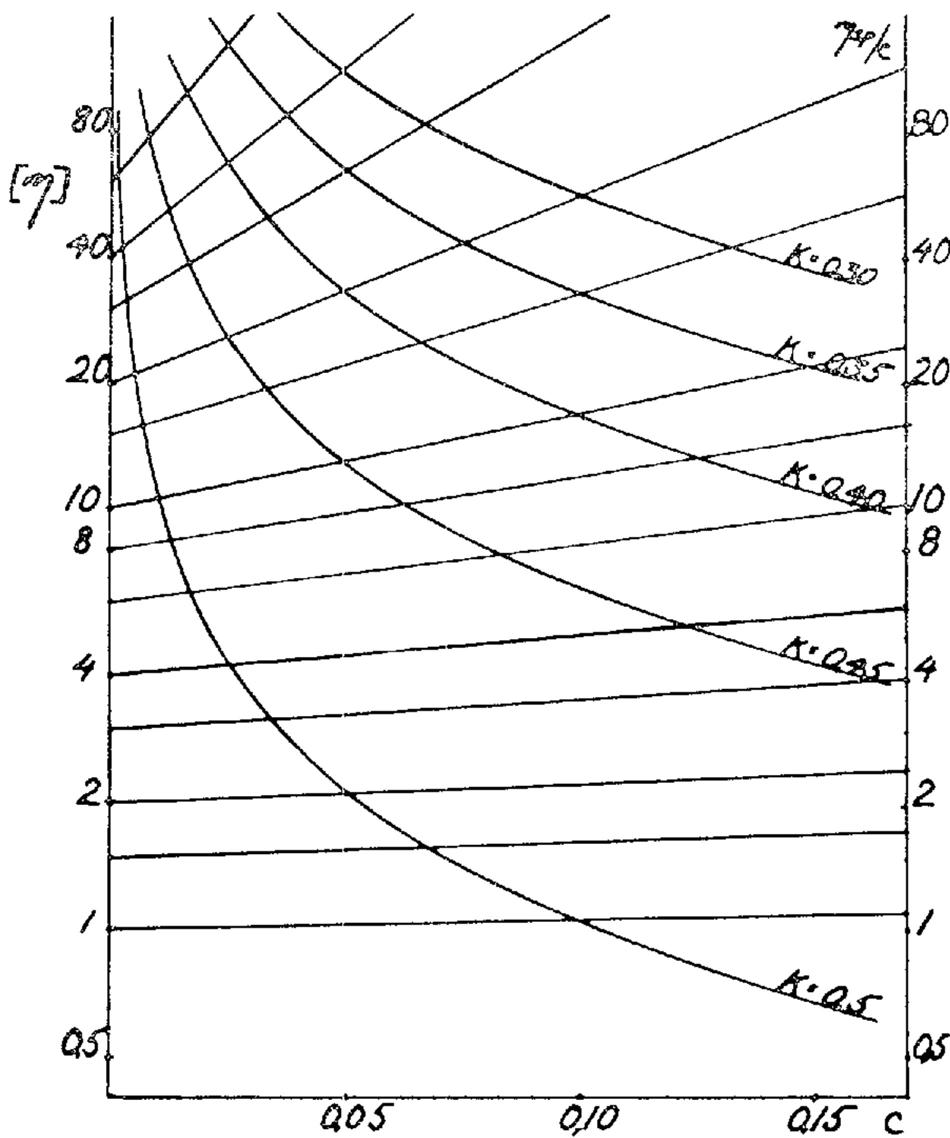


Fig. 1. — Variations de K en fonction de $\frac{\eta_{sp}}{c}$ et de c.

[η]. théorique.	$\frac{\eta_{sp}}{c}$	c (en g/100 ml).	K.	[η] calculée.
1	1,026	0,05	0,5	1,00
1	1,052	0,1	0,5	0,99
1	1,079	0,15	0,5	0,99
10	11,35	0,025	0,5	9,94
10	12,89	0,05	0,45	9,99
10	16,60	0,1	0,4	9,99
10	21,38	0,15	0,35	10,12
40	48,98	0,01	0,45	40,1
40	66,38	0,025	0,4	39,9
40	109,8	0,05	0,3	41,1

(*) Séance du 30 juillet 1956.

(1) H. M. Spurlin, A. F. Martin, et H. G. Tennent *J. Polymer Sc.*, **1**, 1946, p. 63.

(2) *J. Prakt. Chem.*, **158**, 1941, p. 130.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfures d'yttrium.* Note de M. **Jean Flahaut** et Mlle **Micheline Guittard** présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons réussi à préparer à l'état de pureté trois sulfures d'yttrium : le sulfure normal S_3Y_2, un sous-sulfure S_7Y_5 monoclinique, et un polysulfure S_2Y quadratique, et nous en faisons connaître leurs principales propriétés. S_7Y_5 et S_2Y n'avaient pas été signalés jusqu'ici.

Le sulfure S_3Y_2 a déjà été obtenu exempt d'oxygène par action de l'hydrogène sulfuré sur l'oxyde O_3Y_2 vers 1600°C [Picon et Cogné (1)]. Nous sommes arrivés au même résultat à 1460°C, après 2 h et demie de chauffe, en réalisant une parfaite dessiccation du gaz, par passage sur du sulfure d'aluminium au rouge sombre.

Les diagrammes de rayons X ne laissent apparaître qu'une seule forme cristalline. Les difficultés rencontrées dans la préparation de monocristaux nous ont empêchés de déterminer de façon complète le système cristallin. La maille, probablement monoclinique, admet un paramètre $b = 4{,}03$ Å « vrai » nettement plus petit que les deux autres. On observe que la strate O du cliché de cristal tournant autour de cet axe b ne peut être interprétée à partir des deux seuls paramètres a et c, et que, d'autre part, dans les clichés oscillants, les strates ne sont pas symétriques par rapport à la strate O.

Composition %............	S.	Y.
Trouvée......................	34,9	65,45
Théorique pour S_3Y_2..........	35,09	64,91

Pour les mesures physiques, nous avons utilisé un produit très pur, obtenu à partir d'un oxyde qui nous avait été remis par M. Trombe. La densité a pour valeur $d_4^0 = 3{,}87 \pm 0{,}02$. La susceptibilité magnétique trouvée ($\chi_a = 83{,}4 \cdot 10^{-6}$ C. G. S.) correspond au faible paramagnétisme observé normalement avec les sels de l'yttrium trivalent. Le point de fusion instantanée, mesuré dans le vide sur un support en carbure de titane, est 1600° C. La carburation, après un contact de 30 mn, s'observe à partir de 1750° C.

En dehors de SY antérieurement décrit (2), nous avons obtenu, à partir de S_3Y_2, les deux nouveaux composés S_7Y_5 et S_2Y. La formation du premier s'observe lorsqu'on fond rapidement le sulfure S_3Y_2 dans le vide et en creuset de graphite. On peut isoler aisément des monocristaux tabulaires; ils appartiennent au système monoclinique, et la maille, d'un type cristallin nouveau, est caractérisée par les valeurs suivantes :

$$a = 12{,}67 \text{ Å « vrai »}, \quad b = 3{,}81 \text{ Å}, \quad c = 11{,}45 \text{ Å}, \quad \beta = 74°, \quad \sin\beta = 0{,}961.$$

Le même sulfure s'obtient encore par fusion lente de S_2Y à 1660° C dans le vide.

D'autre part, en chauffant à 1300° C dans le vide S_3Y_2 avec 50 % en poids d'aluminium dans une nacelle d'alumine, on observe la formation de l'oxysulfure O_2SY_2 ([3]), en même temps que la volatilisation d'un composé d'yttrium instable à l'air. Si, par contre, on opère en nacelle de graphite, cette oxydation ne se produit plus, et l'on obtient en 4 h le nouveau sulfure S_7Y_5, mélangé à du sulfure d'aluminium et à l'aluminium en excès. Ces deux derniers composés ne peuvent être éliminés par chauffage dans le vide à 1450°, température nécessaire à leur vaporisation, car il apparaît, dans ces conditions, le sous-sulfure SY ([2]). La purification peut être réalisée à l'aide d'un traitement de plusieurs jours par une lessive de potasse concentrée et froide. Lorsque le dégagement gazeux a cessé, on lave à l'eau et à l'alcool, et l'on dessèche dans le vide en présence d'anhydride phosphorique.

Cette préparation, où l'on assiste à l'enlèvement par l'aluminium à 1300° d'une fraction bien déterminée du soufre de S_3Y_2, avec apparition d'un nouveau spectre de rayons X, conduit à un composé défini. Nous avons d'abord pensé que celui-ci répondait à la formule S_4Y_3, par analogie avec les terres cériques, mais les diagrammes de rayons X des produits résultant du frittage de 1 mol de S_3Y_2 avec 1 mol de SY montrent la présence constante de SY cubique, à côté du spectre monoclinique. Ceci est dû, en réalité, au fait que le composé formé est plus riche en soufre, et sa composition correspond à S_7Y_5. La densité, $d_4^0 = 4,10$, obtenue expérimentalement concorde alors bien avec la densité théorique, 4,18 g/cm^3, calculée avec 2 mol dans la maille monoclinique indiquée plus haut. Pour un dérivé S_4Y_3, une maille à 4 mol donnerait une densité théorique trop élevée (4,97). Cristallographiquement, on aboutit donc à la formule S_7Y_5.

La préparation la plus simple de ce composé consiste à chauffer 2 h à 1600°C un mélange de 2 mol de S_3Y_2 et de 1 mol de SY.

Ce sulfure répond aux caractéristiques suivantes :

Composition %	S.	Y.
Théorie	33,78	66,22
Trouvée	34,15	65,58
Densité calculée	4,18 g/cm^3	
» trouvée	$d_4^0 = 4,10$	
Susceptibilité magnétique	$\chi_a = +39,3.10^{-6}$ C. G. S.	
Point de fusion instantanée	1 630°C	

Ce corps est conducteur de l'électricité.

La carburation ne s'observe pas en 2 h à 1 700°C au contact du graphite; elle devient sensible après 30 mn à 1 750°C. La dissociation est très légère après 2 h à 1 700°C dans le vide, avec formation du sous-sulfure SY, mais la volatilisation est nulle dans les mêmes conditions d'expérience.

Le sulfure S_2Y se forme par chauffage de S_3Y_2 passé au tamis 200, avec un excès de soufre. On opère dans des tubes scellés en pyrex. On élève progressivement la température jusqu'à 400°, que l'on maintient durant 24 h. On porte ensuite à 500° et finalement à 600° pendant cinq jours. La réaction étant assez fortement exothermique, une chauffe directe à 600° amènerait la fusion des tubes en pyrex. Après refroidissement, le produit est traité par le sulfure de carbone sec. Lorsque l'excès de soufre est enlevé, on élimine le sulfure de carbone restant par séjour dans le vide sec.

Le sulfure S_2Y est brun violacé. Son spectre de rayons X rappelle celui de S_2Ce cubique ([4]). Toutefois, les raies analogues ne peuvent être interprétées dans le système cubique, et il existe plusieurs raies supplémentaires. Nous avons reconnu que la maille dérive de celle de S_2Ce par allongement de l'une des arêtes du cube, et est en réalité un prisme quadratique avec $a = 7,71$ Å « vrai » et $c = 7,89$ Å. La densité calculée avec 8 mol par maille est 4,35 g/cm³ ; expérimentalement on trouve $d_4^0 = 4,25$.

Composition %	S.	Y.
Théorie pour S_2Y	41,90	58,10
Trouvé	40,64	59,26

La valeur de la susceptibilité magnétique, rapportée à un atome de métal ($\chi_a = 125 . 10^{-6}$ C. G. S.), est très voisine de celle observée normalement pour les sels de l'yttrium trivalent. S_2Y est donc un polysulfure.

Dans le vide, à partir de 650°, ce composé se dissocie en soufre et sulfure S_3Y_2. La fusion instantanée s'observe sur le graphite à 1660°C sans carburation, mais avec formation de S_3Y_2.

Les trois sulfures d'yttrium ne s'oxydent sensiblement en présence d'air qu'à partir de 500°, avec production d'oxysulfure O_2SY_2 et de sulfate. Ils sont inaltérables par les solutions aqueuses alcalines froides. Ils sont attaqués en milieu acide, le sulfure S_2Y étant le plus résistant à l'acide acétique. Les solutions aqueuses diluées de permanganate de potassium ainsi que l'eau iodée N/10 les oxydent lentement. L'eau oxygénée fournit le sulfate.

En conclusion, on peut obtenir, à partir du sulfure d'yttrium normal S_3Y_2, trois composés nettement différenciés : deux sous-sulfures SY([2]) et S_7Y_5, et un polysulfure S_2Y, qui n'avaient pas encore été signalés, et dont nous avons fait connaître les principales propriétés.

([1]) *Bull. Soc. Chim.* (4), 51, 1932, p. 94.

([2]) J. Flahaut et M. Guittard, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1318.

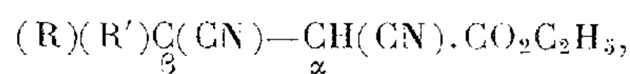
([3]) J. Flahaut et M. Guittard, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1775.

([4]) J. Flahaut et M. Guittard (à paraître prochainement).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrolyse du β-phényl et du β-méthyl β-phényl-dicyanopropionate d'éthyle.* Note de M. **Robert Carrié**, présentée par M. Marcel Delépine.

Réalisées par étapes, l'hydrolyse et la décarboxylation du β-phényl et du β-méthyl β-phényldicyanopropionate d'éthyle ont permis de préciser certains mécanismes de réaction et d'isoler de nouveaux dérivés azotés.

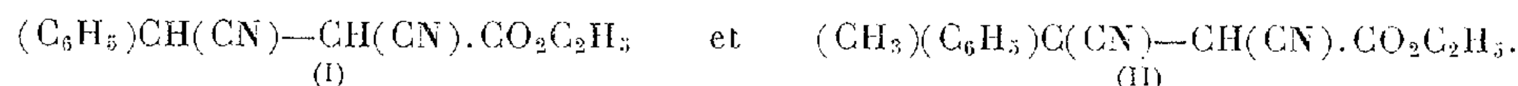
Dans le cadre d'une étude générale des esters-dinitriles de formule



$$(R)(R')\underset{\beta}{C}(CN)-\underset{\alpha}{C}H(CN).CO_2C_2H_5,$$

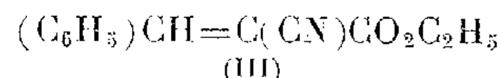
H. Le Moal, soit seul, soit avec A. Foucaud, soit avec nous même [1], a déjà étudié l'hydrolyse et la décarboxylation de composés de ce type avec $R=R'=C_6H_5-CH_2$; $R=C_6H_5-CH_2$ et $R'=C_6H_5$; $R=R'=C_6H_5$.

La présente Note concerne les deux esters-dinitriles de formules



$$\underset{(I)}{(C_6H_5)CH(CN)-CH(CN).CO_2C_2H_5} \quad \text{et} \quad \underset{(II)}{(CH_3)(C_6H_5)C(CN)-CH(CN).CO_2C_2H_5}.$$

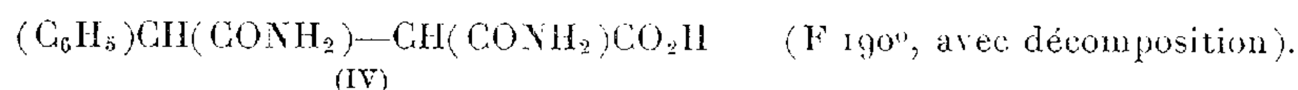
A. *Ester-dinitrile* (I). — *a.* La condensation du cyanacétate d'éthyle sur l'aldéhyde benzoïque, réalisée suivant la méthode de Cope modifiée [2], conduit à l'ester-nitrile éthylénique



$$\underset{(III)}{(C_6H_5)CH=C(CN)CO_2C_2H_5}$$

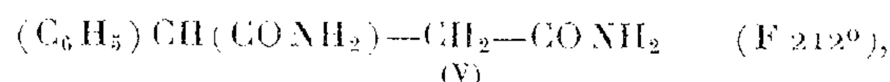
déjà signalé dans la littérature, Rdt 90 %.

L'acide cyanhydrique, en milieu hydroalcoolique, s'additionne sur l'ester-nitrile (III), pour donner l'ester-dinitrile (I), F 65° (Rdt 90 %), déjà signalé. La cyanuration s'accompagne de la formation d'une faible quantité d'acide-diamide (IV).



$$\underset{(IV)}{(C_6H_5)CH(CONH_2)-CH(CONH_2)CO_2H} \quad \text{(F 190°, avec décomposition).}$$

Par décarboxylation de (IV), on obtient aisément le diamide phénylsuccinique

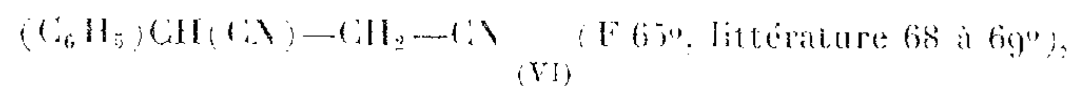


$$\underset{(V)}{(C_6H_5)CH(CONH_2)-CH_2-CONH_2} \quad \text{(F 212°),}$$

composé que l'on peut, par ailleurs, préparer quantitativement, par action à froid de SO_4H_2 (93 %), sur le dinitrile correspondant.

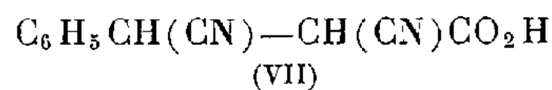
b. L'hydrolyse alcaline de (I), au moyen d'une solution N de Na_2CO_3 hydro-alcoolique, relève d'un mécanisme différent de son homologue β.β-diphénylé.

D'une part, si le départ de HCN subsiste, il demeure faible; par contre la saponification de la fonction ester devient très rapide et le passage au dinitrile



$$\underset{(VI)}{(C_6H_5)CH(CN)-CH_2-CN} \quad \text{(F 65°, littérature 68 à 69°),}$$

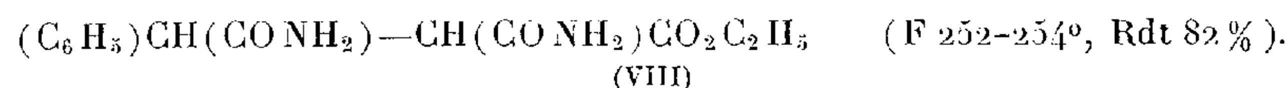
se fait presque exclusivement par l'intermédiaire de l'acide-dinitrile



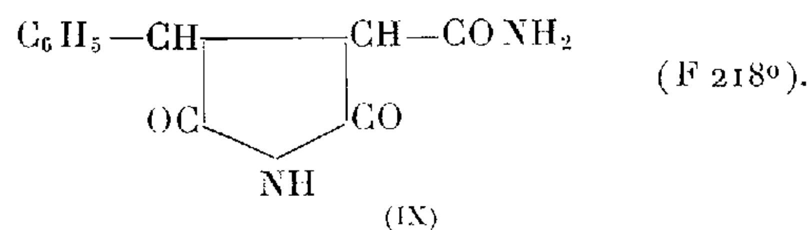
avec décarboxylation de ce dernier. (VIII) n'est pas stable, mais sa présence dans le mécanisme d'hydrolyse est mise en évidence par la formation de son sel d'anilinium F 210-212° (avec décomposition).

D'autre part, le dinitrile (VI), contrairement à son homologue β.β-diphénylé, évolue dans le milieu réactionnel; il en résulte que le rendement de sa préparation passe par un maximum d'environ 50 %, pour une durée opérationnelle de 1 h.

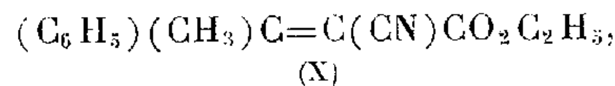
c. Par action à froid de SO_4H_2 à 93 % (4 h), l'ester-dinitrile (I) est transformé, en ester-diamide :



L'ester-diamide (VIII), soluble à froid dans la soude hydroalcoolique 5 N/4, reprécipite par addition de HCl au 1/3, sous forme d'imide-amide :



B. *Ester-dinitrile* (II). — *a*. La condensation du cyanacétate d'éthyle, sur l'acétophénone, suivant la méthode de Cope modifiée ([2]), conduit à l'ester-nitrile éthylénique

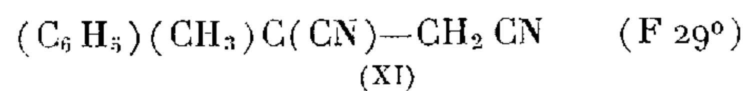


séparé sous forme d'huile, $É_2$ 136-137°, Rdt 77-79 %, rendement supérieur à ceux obtenus par Cope ou par Cragoe et ses collaborateurs ([3]).

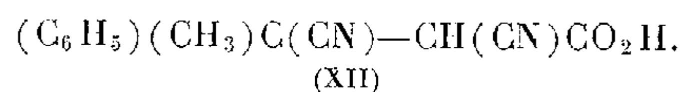
Refroidie dans le mélange neige carbonique-acétone, l'huile précédente laisse déposer des cristaux (X_1) de même composition, F 46-47°, stables à la température ambiante. Après essorage des cristaux (X_1), l'huile séparée redonne au bout de quelques semaines des cristaux identiques. Il n'a pas été possible d'isoler jusqu'à présent le second isomère correspondant à (X).

La cyanuration de l'huile (X) ou des cristaux (X_1) conduit au même ester-dinitrile (II), F 77-78°, avec un rendement pratiquement quantitatif. L'ester-dinitrile (II) n'était pas signalé dans la littérature à l'état cristallisé.

b. L'hydrolyse alcaline de (II) relève d'un mécanisme analogue à celui de (I) et conduit dans les mêmes conditions au dinitrile;



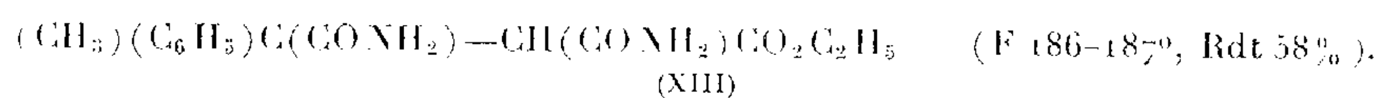
avec formation intermédiaire de l'acide-dinitrile



(XII), instable lui-même, est encore mis en évidence par son sel d'anilinium, F 106-108° (avec décomposition).

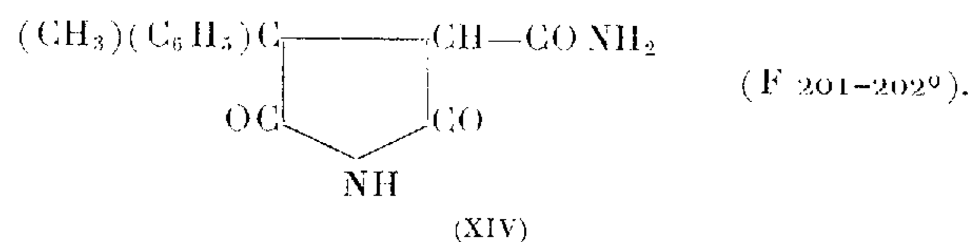
Le comportement global du dinitrile (XI) dans le milieu réactionnel est semblable à celui du dinitrile (VI); le meilleur rendement obtenu est de 72 %, pour une durée opérationnelle de 3 h.

c. Par action à froid de SO_4H_2 (93 %) pendant 6 h, l'ester-dinitrile (II) est transformé en ester-diamide :



L'hydrolyse sulfurique s'effectue, comme pour (I), sans départ de HCN.

L'ester-diamide (XIII) donne avec la soude, dans les mêmes conditions que l'ester-diamide (VIII), l'imide-amide correspondante :



(F 201-202°).

En conclusion, l'étude précédente met en évidence les faits suivants :

1° En milieu alcalin il y a toujours compétition entre le départ de HCN et la saponification de la fonction ester (¹). Dans le cas des esters-dinitriles (I) et (II) le départ de HCN demeure faible, mais la saponification de la fonction ester devient rapide. C'est le contraire pour l'homologue β.β-diphénylé.

2° Les dinitriles (VI) et (XI) sont beaucoup plus facilement saponifiables que leur homologue β.β-diphénylé, particulièrement stable, même en solution de CO_3K_2, 8N.

3° L'hydrolyse acide des esters-dinitriles (I) et (II) conduit aux esters-diamides correspondants. Ces composés se cyclisent spontanément en milieu alcalin comme leurs homologues β.β-dibenzyl et β-phényl β-benzyl, pour donner des imides-amides. Quant à l'homologue β.β-diphénylé, qui dans les mêmes conditions, mène à l'acide-diamide, on doit lui affecter dans la série une place toute particulière.

Une interprétation des phénomènes sera donnée ultérieurement.

(¹) H. Le Moal et R. Carrié, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2572.

(²) H. Le Moal, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1952; *Ann. Chim.*, **12**, 1953, p. 8.

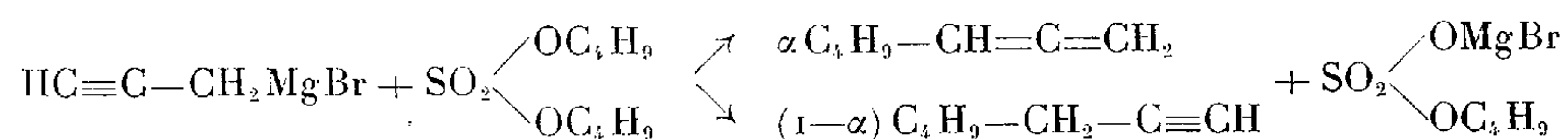
(³) E. J. Cragoe, C. M. Robb et J. M. Sprague, *J. Org. Chem.*, **15**, 1950, p. 381.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouveaux exemples de transposition propargylique.* Note de M. **Marcel Gaudemar**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Les réactions du bromure de propargyl-magnésium sur le sulfate de butyle et du bromure d'allényl-aluminium sur l'éther chlorométhylique se font, la première avec une transposition propargylique partielle, la seconde avec une transposition rétropropargylique partielle. Dans chaque cas la présence des isomères acétylénique et allénique a été mise en évidence par la spectrographie infrarouge.

1. Dans un travail antérieur ([1]) nous avons étudié la double décomposition entre le bromure de propargyle $BrCH_2—C{\equiv}CH$ et les composés organomagnésiens RMgBr. Il se forme un mélange de carbures où l'isomère allénique $R—CH{=}C{=}CH_2$ prédomine. Il nous a paru intéressant de savoir si une réaction éventuelle entre un bromure RBr et le bromure de propargyl-magnésium $BrMgCH_2—C{\equiv}CH$ se ferait ou non avec transposition propargylique. Malheureusement une telle réaction n'a pas lieu, même en présence de chlorure ferrique. Nous avons tourné la difficulté en substituant à l'halogénure RBr le sulfate $SO_2(OR)_2$.

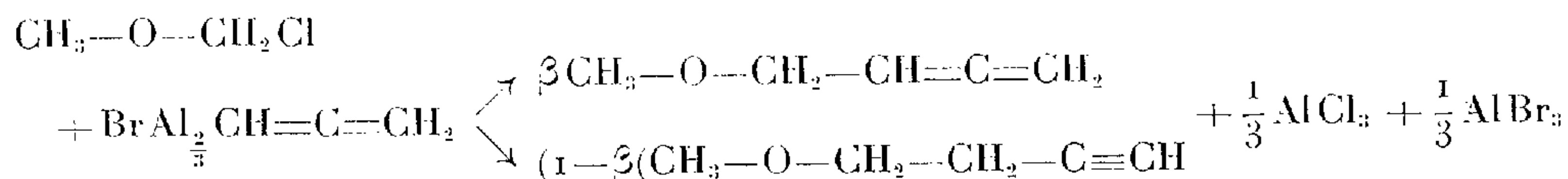
C'est ainsi que le sulfate de butyle réagit vivement sur le bromure de propargyl-magnésium. Il se forme un mélange de butylallène et d'heptyne vrai.



Le dosage de la fonction acétylénique vraie [méthode de Marszak, ([2])] montre la présence d'environ 50 % de chaque isomère dans le mélange. Fréquences infrarouges caractéristiques : 1955 cm^{-1} pour $—CH{=}C{=}CH_2$, 2116 et 3295 cm^{-1} pour $—C{\equiv}CH$. Toutefois cette méthode ne constitue pas une méthode pratique de préparation des carbures alléniques : bien que dans le cas étudié le rendement soit bon, le mélange de carbures est souillé par du bromure de butyle provenant vraisemblablement d'une évolution de $SO_2(OC_4H_9)OMgBr$ et qu'il est difficile d'éliminer.

2. Les bromures d'allyle ou de propargyle, en dépit de la grande mobilité de leur halogène, ne réagissent pas, même à chaud, sur les organoaluminiques qu'ils engendrent. Afin de savoir si ces aluminiques résisteraient encore à l'action de composés à halogène plus mobile, nous avons opposé au bromure d'allényl-aluminium ([1]), ([3]) l'éther chlorométhylique.

La double décomposition se produit aisément à température ambiante; il se forme un mélange d'éthers-oxydes acétylénique et allénique



Le dosage de la fonction acétylénique vraie montre la présence d'environ 50 % de chaque isomère dans le mélange. Les rendements sont bons et rien ne s'oppose *a priori* à une séparation chimique des deux éthers-oxydes. Fréquences infrarouges caractéristiques : 1955 cm^{-1} pour $—CH=C=CH_2$, 2118 et 3295 cm^{-1} pour $—C\equiv CH$.

Conclusions. — Si la première réaction décrite ne constitue pas une méthode pratique de préparation des carbures alléniques, la seconde, par contre, permet d'atteindre facilement les éthers-oxydes β-alléniques en bout de chaîne. De plus, la transposition propargylique étant un phénomène assez rare, ces deux exemples nouveaux méritent d'être signalés.

(1) M. Gaudemar, *Thèse*, Paris, 1956.
(2) Marszak et Koulkes, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 364.
(3) C. Prévost et M. Gaudemar, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 282.

MINÉRALOGIE. — *Sur l'existence et un mode de préparation du monohydrate de carbonate de calcium.* Note (*) de MM. **Guy Baron** et **Michel Pesneau**, transmise par M. Charles Mauguin.

Nous avons étudié l'action du carbonate de sodium sur l'eau de mer en nous inspirant des travaux de Lucas sur le même sujet (1).

Nous avons opéré sur une eau de mer provenant du bassin d'Arcachon dont le pH était de 7,7. Cherchant à nous rapprocher des conditions expérimentales de Lucas, spécialement du point de vue du pH dont l'importance nous avait semblé prépondérante, nous avons dégazé cette eau par chauffage à 80°C. Son pH était alors de 8,2.

Dans dix béchers contenant chacun 250 cm^3 d'eau de mer dégazée et refroidie, nous avons ajouté respectivement 3,5, 5, 7,5, 10, 11, 11,5, 12,5, 15, 17,5 et 20 cm^3 de CO_3Na_2 molaire. Les pH ont été mesurés aussitôt après addition du carbonate, puis de nouveau au bout de 7 jours.

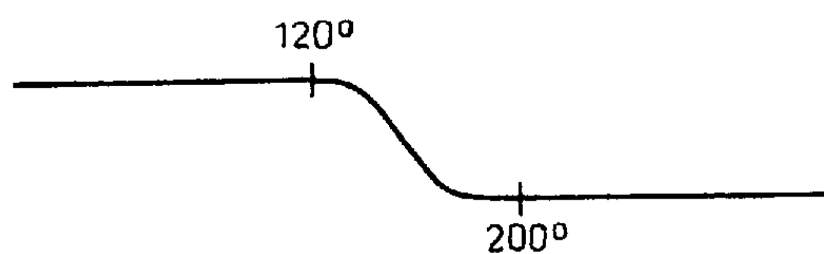
Après 14 jours, les précipités s'étaient transformés en un matériau cristallin. Ils ont été lavés, puis séchés, soit sur un filtre soit à 80°. Ensuite nous les avons étudiés par diffraction X, méthode Debye-Scherrer.

Dans la totalité des cas, nous avons observé les spectres de diffraction d'un corps non identifié. Ce corps semblait être seul aux plus bas pH de cette série d'expériences et accompagné d'une phase magnésienne variable, nesquéhonite ou hydromagnésite aux pH plus élevés.

Nous avons alors procédé à l'identification de ce corps inconnu sur un échantillon où il apparaissait seul.

Une première fraction de cet échantillon a été chauffée à 140°C puis réanalysée par diffraction X. On observait alors que l'intensité des raies du corps

inconnu était en régression en même temps qu'apparaissaient celles de la calcite. Après chauffage poursuivi jusqu'à 250° C, le diagramme fait apparaître exclusivement les raies de diffraction X de la calcite.



Enfin, à 1000° C, on observe uniquement le spectre X de CaO. Cette dernière expérience a été tentée en vue d'éliminer la possibilité de coexistence d'une phase magnésienne amorphe à côté du corps inconnu.

Cette première étude nous permettait de conclure que nous étions en présence d'une forme simple ou complexe de CO_3Ca, stable à la température ambiante, qui par chauffage se transformait en calcite avant 250 °C.

Précisons qu'il ne s'agissait ni de vatérite, ni d'aragonite, ni d'hexahydrate de CO_3Ca, tous actuellement connus.

Nous avons ensuite procédé à une analyse thermogravimétrique de ce corps (prise d'essai 166 mg). Vitesse de chauffe 3 °C/mn.

Une première perte en poids, située précisément entre 120 et 200°, a été imputée au départ d'eau. Les calculs donnent alors pour formule à ce corps : CO_3Ca, $1{,}06H_2O$, soit pratiquement CO_3Ca, H_2O aux erreurs expérimentales près.

Spectre infrarouge. — Nous avons examiné le spectre infrarouge en utilisant le spectromètre Perkin-Elmer 21 à double faisceau. Le corps a été étudié sous forme de comprimé dans le KBr. Nous avons relevé les absorptions suivantes en cm^{-1} :

3210 (F), 2270 (f), 1700 (f), 1480 (TF), 1410 (TF), 1066 (m),
873 (F), 783 (F), 762 (F), 725 (f), 698 (m).

On y retrouve toutes les caractéristiques des spectres des carbonates (1066, 873, 698). La présence de la bande 3210 et le doublet 1480-1410 se retrouvent dans les hydrocarbonates ([2]), ([3]), ([4]).

Spectrométrie de flamme. — La spectrométrie de flamme opérée sur l'oxyde de calcium obtenu par chauffage du corps à 1000° C a révélé la présence de magnésium dans le produit étudié (0,33 %), c'est-à-dire sensiblement 1 atome de magnésium pour 100 de calcium. Deux hypothèses sont alors possibles :

Il peut s'agir soit d'une phase magnésienne indépendante du monohydrate de CO_3Ca, mais en quantité trop faible pour être décelée aux rayons X, soit de magnésium intervenant en solution solide dans le monohydrate de CO_3Ca. La première hypothèse semble plus vraisemblable, cette phase magnésienne devenant de plus en plus apparente à la diffraction X sur les échantillons de la série obtenus à pH plus élevés.

A la suite de ces essais, une nouvelle série de 10 échantillons a été préparée sur une eau de mer de même provenance dégazée ou non. *Dans la totalité des cas*, le corps en question a été obtenu. Son spectre X est le suivant :

d(Å).	hkl.		d(Å).	hkl.	
5,25	100	m	1,819	203	f
4,30	101	TF	1,775	–	m
3,05	102	TF	1,762	212 / 300	m
2,813	111	F			
2,485	201	m	1,592	302 / 114	f
2,368	112	F			–
2,267	103	f	1,560	213	f
2,157	202	F	1,491	221	f
1,989	210	f	1,436	–	f
1,926	211	TF	1,370	312	f

A notre connaissance l'existence du monohydrate de CO_3Ca n'a été mentionnée qu'une fois dans la littérature par R. Brooks, L. M. Charles et E. F. Thurston ([5]) qui l'ont obtenu à partir de solutions de chlorures de calcium et de magnésium, et en opérant à — 3° C.

A la différence de ces auteurs, nous avons obtenu ce monohydrate à la température ambiante du laboratoire.

Les valeurs des paramètres sont les suivantes :

R. Brooks et coll.	Présents résultats.
$a = 6{,}09$	$a = 6{,}15$
$c = 4{,}95$	$c = 4{,}955$
$\frac{a}{c} = 1{,}230$	$\frac{a}{c} = 1{,}237$

Du mode de préparation qu'ils ont utilisé, comparé à celui que nous avons nous-mêmes employé, il semble que le magnésium joue un rôle particulier dans la formation du monohydrocarbonate de calcium.

(*) Séance du 15 octobre 1956.

([1]) G. Lucas, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 937.

([2]) J. M. Hunt, M. P. Wisherd et L. C. Bonham, *Anal. Chem.*, 22, 1950, n° 12, p. 1478.

([3]) F. A. Miller et C. H. Wilkins, *Anal. Chem.*, 24, n° 8, 1952, p. 1253.

([4]) Th. Pobeguin, *Ann. des Sc. Nat., Bot.*, 1954, 11e série, p. 29.

([5]) *Philos. Trans.*, 243, 1950, p. 145.

MINÉRALOGIE. — *Étude des combinaisons des oxydes des terres rares avec l'alumine et la galline.* Note de MM. **Félix Bertaut** et **Francis Forrat**, transmise par M. Charles Mauguin.

Les sesquioxydes des terres rares et de l'yttrium A_2O_3 réagissent sur les oxydes trivalents B_2O_3 où B est un élément de transition trivalent [B = V, Ti,

Cr, Mn, Fe, Co, (Ni)] pour former deux séries de composés, soit du type pérovskite déformée ABO_3 ([1]) à ([5]), soit du type grenat $A_3B_5O_{12}$ dont les combinaisons avec B = Fe sont ferrimagnétiques ([6]). Dans cette Note nous étudions les combinaisons des oxydes des terres rares et de l'yttrium avec les oxydes Al_2O_3 et Ga_2O_3 dont les cations n'appartiennent pas aux éléments de transition.

Combinaisons du type pérovskite ABO_3. — Nous avons montré antérieurement que la déformation des pérovskites augmente lorsque le rayon de la terre rare A diminue et que le rayon de l'ion B augmente (B = élément de transition). Les ions Al^{3+}, Ga^{3+}, Fe^{3+} ont les rayons conventionnels (de Goldschmidt) de 0,57, 0,62 et 0,67 Å respectivement. On peut donc s'attendre à ce que pour une pérovskite formée avec une même terre rare la déformation soit la plus faible pour Al, la plus grande pour Fe et qu'elle soit intermédiaire pour Ga. C'est effectivement le cas. Dans le tableau I les combinaisons ABO_3 (A = terre rare, B = Al, Ga) sont rangées dans l'ordre des rayons ioniques décroissants des terres rares trivalentes (= ordre de Z croissant du tableau périodique). Dans les aluminates la déformation passe successivement par les stades quadratique ($LaAlO_3$, $CeAlO_3$), rhomboédrique ($NdAlO_3$, $PrAlO_3$) et orthorhombique ($SmAlO_3$, $GdAlO_3$, $DyAlO_3$, $YAlO_3$, etc.). Les composés $CeAlO_3$ ([7]) et $YAlO_3$ ([5]) ont déjà été signalés.

TABLEAU I. — *Pérovskites.*

Aluminates.

Substance	$LaAlO_3$	$CeAlO_3$ ([7])	$PrAlO_3$	$NdAlO_3$
Symétrie	Quadratique		Rhomboédrique	
Paramètres (Å)	$a = 3,79_7$	$3,76_0$	$a = 3,79$	$3,77$
	$c = 3,80_2$	$3,78_7$	$\alpha = 90°14'$	$90°22'$
Unités par maille	1		1	
Substance	$SmAlO_3$	$GdAlO_3$	$DyAlO_3$	$YAlO_3$
Symétrie	Orthorhombique (D_{2h}^{16}-P*bnm*)			
Paramètre (Å)	$a = 5,31_3$	$5,28_9$	$5,24_0$	$5,17_9$
	$b = 5,31_3$	$5,32_3$	$5,31_8$	$5,32_9$
	$c = 7,51_4$	$7,44_5$	$7,42_8$	$7,37_0$
Unités par maille	4			

Gallates.

Substance	$LaGaO_3$	$PrGaO_3$	$NdGaO_3$	$SmGaO_3$ ([8])
Symétrie	Orthorhombique (D_{2h}^{16}-P*bnm*)			
Paramètres (Å)	$a = 5,48$	5,44	5,42	–
	$b = 5,49$	5,46	5,49	–
	$c = 7,76$	7,71	7,67	–

Dans les gallates l'accroissement du rayon de Ga^{3+} par rapport à celui de Al^{3+} suffit déjà pour supprimer les stades de déformation quadratique et rhomboédrique. Le stade orthorhombique seul apparaît. La déformation [mesurée

par exemple par la différence des paramètres $\delta = b - a$ (4)] est cependant moindre que dans les ferrites correspondants, conformément à la progression des rayons ioniques $r(\mathrm{Fe}) > r(\mathrm{Ga}) > r(\mathrm{Al})$. Le groupe de recouvrement orthorhombique est D_{2h}^{16}-Pb*nm*. Fe, Ga, Al sont alors dans les centres de symétrie $4b$ tandis que la terre rare (ou Y) est en $4e$ et l'ion O se trouve en $4e$ et $8d$ (Notations des Tables internationales).

Rappelons que dans nos études de déformation de pérovskites ABO_3 (4) (B = élément de transition), le stade de déformation quadratique n'apparaît plus tandis qu'on rencontre encore la déformation rhomboédrique dans $LaCoO_3$, « $LaMnO_3$ » (9), et dans certaines pérovskites mixtes où entre Ni^{3+}. Cela indique que l'on a $r(\mathrm{Fe}) > r(\mathrm{Ga}) > r(\mathrm{Co}) > r(\mathrm{Ni})$.

Remarquons enfin que les déformations successives que l'on observe en refroidissant $BaTiO_3$, pérovskite, cubique au-dessus de $t = 120°C$ sont quadratique ($t < 120°C$), orthorhombique ($t < 5°C$) et rhomboédrique ($t < -90°C$) selon que la polarisation électrique est couchée suivant un axe quaternaire [001], binaire [011] ou ternaire [111]. Une comparaison directe des déformations orthorhombiques de $BaTiO_3$ et des composés ABO_3, décrits ici, n'est pas possible, ces derniers étant tout au plus antiferroélectriques.

Combinaisons du type grenat $A_3B_5O_{12}$. — Dans le tableau II sont résumés les paramètres, volumes moléculaires et densités aux rayons X des grenats $A_3B_5O_{12}$ (B = Al, Ga) (groupe d'espace O_h^{10} — I*a*3*d*; A en $24c$, B en $16a$ et $24d$, O en $96h$). Les grenats $A_3Al_5O_{12}$ n'existent que lorsque le rayon ionique de la terre rare A est inférieur à celui de Gd^{3+}. Les grenats $A_3Ga_5O_{12}$ ne sont stables que lorsque le rayon ionique de A est inférieur à celui de Pr^{3+}.

TABLEAU II. — *Grenats.*

Substance.	Paramètre (Å).	Volume moléculaire (Å³).	D_x (g/cm³).
Aluminium.			
$Gd_3Al_5O_{12}$	12,11	222	5,95
$Dy_3Al_5O_{12}$	12,06	218	6,15
$Y_3Al_5O_{12}$	12,02	217	4,50
$Er_3Al_5O_{12}$	11,98	215	6,37
Gallium			
$Pr_3Ga_5O_{12}$	12,57	248	6,40
$Nd_3Ga_5O_{12}$	12,50	244	6,57
$Sm_3Ga_5O_{12}$	12,42	239	6,58
$Gd_3Ga_5O_{12}$	12,39	238	7,02
$Dy_3Ga_5O_{12}$	12,32	234	7,25
$Y_3Ga_5O_{12}$	12,30	232	5,73
$Er_3Ga_5O_{12}$	12,25	229	7,49

Remarquons que dans les grenats $A_3Fe_5O_{12}$ la coupure se fait entre Nd et Sm. Les grenats $Pr_3Fe_5O_{12}$ et $Nd_3Fe_5O_{12}$ n'existent donc pas (alors que les

grenats correspondants de Ga existent). Les grenats mixtes $Nd_3(FeGa)_5O_{12}$ sont encore stables aussi longtemps que le rapport Fe/Ga ne dépasse pas 4/1. De même, bien que $Sm_3Al_5O_{12}$ n'existe pas, les grenats mixtes $Sm_3(AlFe)_5O_{12}$ sont stables aussi longtemps que $Al/Fe < 3/2$.

L'existence des grenats semble donc liée au rapport de rayons $r(A)/r(B)$ qui ne peut dépasser une valeur critique α. Ces valeurs de α, calculées avec les rayons ioniques de Goldschmidt sont 1,95, 1,87 et 1,70 pour les séries respectives des grenats d'Al, Ga et Fe. Toutes les substances décrites ont été préparées par M[lle] Moesch.

(1) V. M. GOLDSCHMIDT, *Skr. norske Vidensk Akad. Mat. Naturw. Kl.*, n° 2, 1926.
(2) I. NARAY-SZABO, *Publ. Univ, Techn. Sc.*, Budapest, 1, 1947, p. 30.
(3) G. GUIOT-GUILLAIN, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1654.
(4) F. BERTAUT et F. FORRAT, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 129.
(5) S. GELLER et E. A. WOOD, *Acta Cryst.*, 9, 1956, p. 563.
(6) F. BERTAUT et F. FORRAT, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 382.
(7) W. H. ZACHARIASEN, *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 388.
(8) La mesure des paramètres n'a pas été poussée au-delà de $NdGaO_3$. Bien que $SmGaO_3$ existe, la mesure des paramètres est difficile à cause de la formation préférentielle de grenats $A_3Ga_5O_{12}$ dont les raies prédominent et donnent lieu à de nombreuses superpositions.
(9) La substance « $LaMnO_3$ » décrite en (4) représente en réalité une combinaison intermédiaire entre $La^{3+}Mn^{3+}O_3$, orthorhombique (*cf.* H. L. YAKEL, *Acta Cryst.*, 8, 1955, p. 394) et $La^{3+}Mn^{4+}_{0,75}O_3$ rhomboédrique dans laquelle le rayon moyen des ions Mn^{3+} et Mn^{4+} présents est comparable à celui de Co^{3+} (*cf.* aussi M. G. HARWOOD, *Proc. Phys. Soc.*, 68, 1955, p. 586). L'étude de ces substances continue.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Mesure de la vitesse de croissance de cristaux de chlorure de potassium au sein d'une solution.* Note de M. **MAURICE DAVION**, transmise par M. Charles Mauguin.

La vitesse de croissance de cristaux de chlorure de potassium en suspension dans une solution aqueuse sous-refroidie des chlorures de sodium et de potassium, saturée en ces deux sels, a été mesurée en valeur absolue. L'interprétation des résultats est basée sur les méthodes statistiques. Les effets des facteurs suivants ont été étudiés; dimensions des cristaux, vitesse d'écoulement du liquide, sursaturation, température.

La suspension cristalline en voie de croissance est maintenue dans le courant ascendant d'une solution sursaturée (*fig.* 1). La solution saturée contenue dans la cuve thermostatique CT (capacité voisine de 20 l) est aspirée par la pompe P (débit 500 l/h environ) et envoyée à travers plusieurs circuits : le circuit 1 comporte la jaquette réfrigérante R qui provoque la sursaturation et le tube C qui contient la suspension cristalline. Une canalisation à laquelle est adapté un saturateur S formé d'un entonnoir entouré d'une fine toile de nylon et qui contient une réserve de sel constitue le circuit 2. Le circuit 3 est un « by-pass » BP, permettant de faire varier le débit dans chaque canalisation.

Les cristaux de chlorure de potassium utilisés sont de petits bâtonnets aux faces souvent érodées, parfois collés entre eux. Ils proviennent des bacs de cristallisation des Mines domaniales de potasse d'Alsace. Quatre fractions, obtenues par tamisage, ont été retenues pour notre étude. Les petites dimensions des cristaux sont voisines respectivement de 0,3, 0,4, 0,6 et 0,9 mm. Des essais antérieurs, utilisant une face d'un monocristal de KCl ($2\ cm^2$ environ) suspendu dans le tube C n'avaient pas donné de résultats reproductibles.

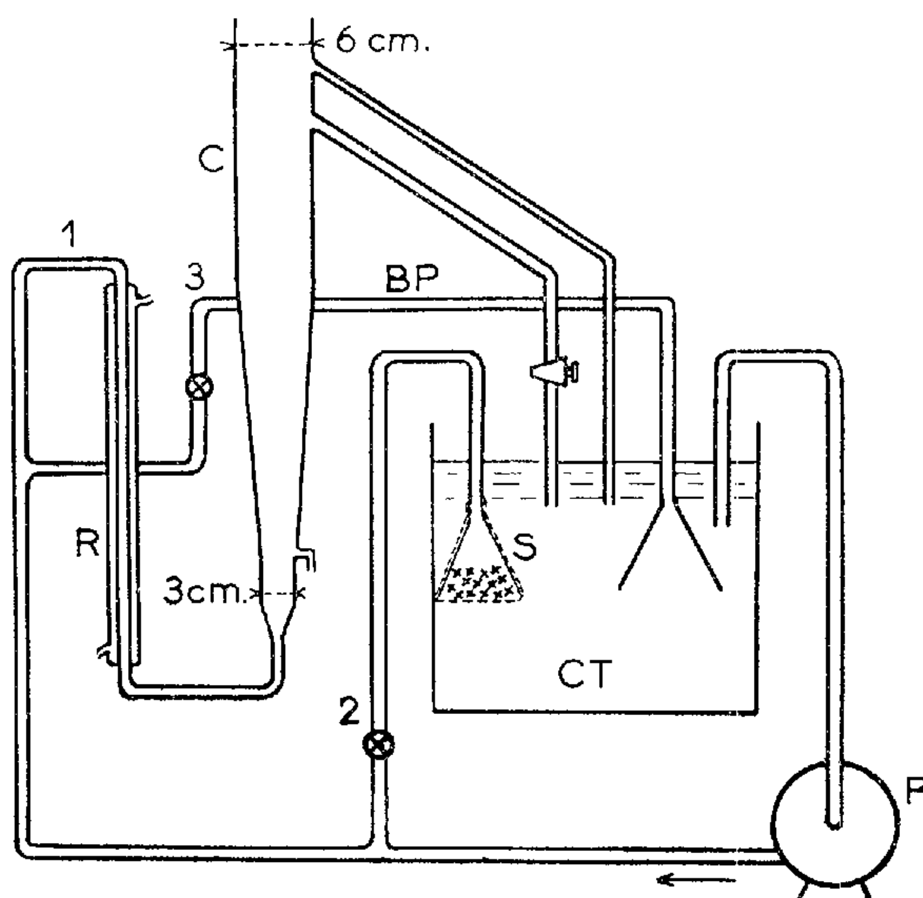


FIG. 1. — Schéma de l'appareil

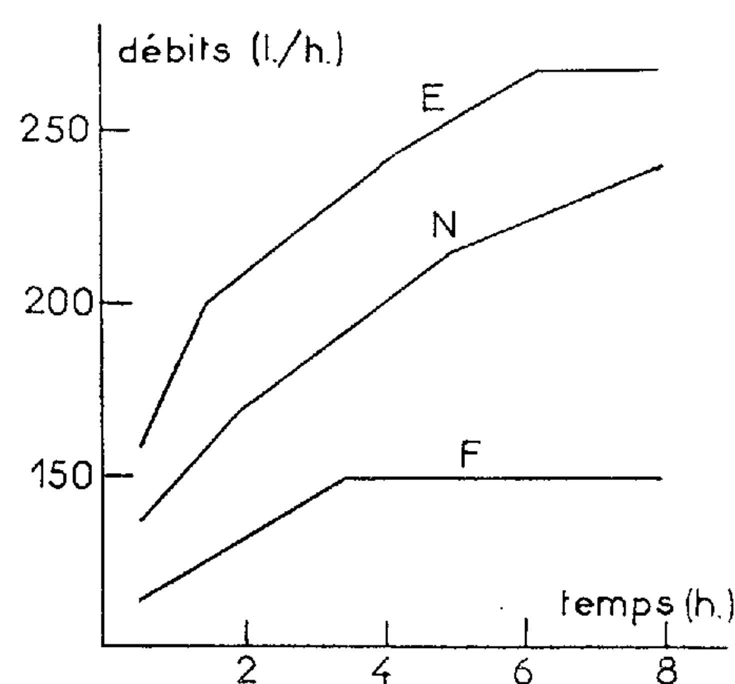


FIG. 2. — Evolution du débit en C

La solution saturée en KCl et Na Cl est préparée en faisant circuler un liquide déjà concentré à travers S pendant plusieurs heures. L'état de saturation est ensuite contrôlé en vérifiant que le poids d'un monocristal plongé dans CT pendant un quart d'heure ne diminue pas. Plusieurs milliers de cristaux sont alors introduits par le haut du tube C et l'on établit la sursaturation désirée par un courant d'eau dans R. L'expérience dure 8 h; des prélèvements sont effectués, en général après des durées de 3,5 et 8 h : un mélange de cristaux et de solution est siphonné par un tube fin qui plonge dans C. Les cristaux séchés, plusieurs ensembles de cent particules sont comptés et pesés en éliminant les agglomérats. L'évaporation de la saumure et les dépôts de sel limitent la durée de fonctionnement en continu de l'appareil à trois jours.

La constante de vitesse, K_c, est déduite de la variation du poids moyen, m, d'un cristal en fonction du temps, t. Elle est définie comme un coefficient de transport de matière :

$$\frac{dm}{dt} = K_c A \Delta c \qquad (1)$$

(A, surface du cristal; Δc, sursaturation en grammes par centimètre cube). A peut-être remplacé par l'expression $\alpha/m^{2/3}$, le facteur de forme α étant déduit de la valeur moyenne du rapport de la longueur du bâtonnet à sa largeur pendant l'intervalle du temps considéré. La relation (1) intégrée devient :

$$m_t^{\frac{1}{3}} - m_0^{\frac{1}{3}} = K_c \alpha \Delta c \frac{t}{3}. \qquad (2)$$

La sursaturation est calculée, pour un sous-refroidissement $\Delta\theta$ fixé, à partir des données sur les équilibres du système $NaCl - KCl - H_2O$ [1]. Pour $\theta = 26°$ et $\Delta\theta = 0°,1$, Δc est égal à $1,44 . 10^{-4}$ g/cm³. Cependant, l'estimation de la sursaturation est délicate car le dispositif thermostatique introduit des fluctuations importantes de température ($\pm 0°,03$ à $\pm 0°,05$) qui se transmettent très rapidement, la vitesse de circulation du liquide étant grande. La différence $\Delta\theta$ observée entre les températures en CT et en C reste donc constante. Elle a été employée pour le calcul de Δc.

L'étude des variations de $m^{1/3}$ fait apparaître une dispersion importante des résultats et nous ferons usage, pour étayer nos conclusions des méthodes statistiques. Signalons que la reproductibilité des essais consécutifs est en général la meilleure : le renouvellement de l'eau mère qui entraîne de petites variations de sa composition (de faibles quantités d'ions Ca^{++}, Mg^{++}, Pb^{++} sont présentes) constitue un facteur de perturbation.

Nous avons considéré les variations de $m^{1/3}$ entre 3 et 5 h, d'une part, entre 5 et 8 h, d'autre part, comme des données indépendantes. Ceci n'est rigoureux que si les erreurs d'échantillonnage concernant l'estimation de m sont nulles. En fait ces erreurs sont presque toujours négligeables devant la dispersion des valeurs entre les essais.

Des mesures ont été effectuées avec les quatre fractions de cristaux pour $\theta = 26°$ et $\Delta\theta = 0°,2$. La distribution de l'ensemble des résultats se rapproche beaucoup de la normale : elle est symétrique; d'autre part, le rapport de l'écart moyen à l'écart-type est égal à 0,78 (valeur théorique : 0,80). L'effet de la taille des cristaux sur K_c peut donc être étudié par analyse de la variance. Cette étude montre que les différences observées entre les moyennes des résultats pour chaque fraction ne sont pas significatives : nos mesures ne mettent pas en évidence un effet de A sur K_c. La moyenne générale de K_c est $7,1 . 10^{-3}$ C. G. S. et l'écart-type $9,5 . 10^{-4}$ C. G. S.

En réalité, une augmentation de la taille des cristaux entraîne un accroissement de la vitesse du liquide dans C. Une étude distincte de ce second facteur a été faite pour $\theta = 26°$, $\Delta\theta = 0°,3$ et des cristaux de la taille 0,4 mm avec trois types d'évolution du débit en C (*fig.* 2) : types N (normal), E (élevé), F (faible). Nous n'avons pas observé d'influence de la vitesse du liquide.

Lorsque $\Delta\theta$ prend les valeurs $0°,3$ et $0°,4$, la formation de cristaux uniques fait place progressivement à la croissance sur le cristal initial de plusieurs

individus cristallins imbriqués, mais dont les orientations restent voisines de celle du cristal support. On observe une diminution significative de K_c : $6,1.10^{-3}$ et $5,5.10^{-3}$ respectivement. Ce fait est surprenant, car on considère généralement que les vitesses de croissance varient comme Δc^n avec $1 \leq n \leq 2$ ([2]). Nous pensons que ce désaccord peut s'interpréter par une estimation inexacte de la valeur réelle de $\Delta\theta$. D'après nos résultats, la valeur de $\Delta\theta$ qui rendrait K_c indépendant de Δc serait égale à la valeur lue, plus 0°,15. La valeur de K_c correspondante serait 4.10^{-3} C. G. S.

Enfin, le rapport $K_{c(30°)}/K_{c(26°)}$ a été calculé : il est égal à 1,13.

θ.	Δθ.	Taille des cristaux.	Nombre d'expériences.	$K_c.10^3$.	Écart-type.10^4.
26	0,2	0,9	2	7,1	8,5
	»	0,6	3	7,6	8,1
	»	0,4	4	7,0	10,3
	»	0,3	3	6,9	11,3
	0,3	0,4	6	6,1	9,1
	0,4	0,4	4	5,5	5,4
30	0,2	0,4	4	8,0	12,3

([1]) E. CORNEC et H. KROMBACH, *Ann. Chim.*, 10e série, 18, 1932, p. 5-13.

([2]) A. NEUHAUS, *Chem. Ing. Techn.*, 28, 1956, p. 155-161.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'une série de type « nigritien » dans l'Antécambrien de l'Ahaggar oriental (Sahara central) : la série de Tiririne.* Note de M. **JACQUES BLAISE**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Une série de conglomérats et d'arkoses est discordante sur le Pharusien de l'Ahaggar oriental. Sa sédimentation, d'origine détritique, s'est opérée dans des bassins localisés et indépendants, à partir de la démolition de la chaîne pharusienne. Elle est plissée et recouverte en discordance par les grès horizontaux cambro-siluriens du Tafesaset.

Des Notes précédentes ([1]) montraient la présence, dans l'Ahaggar oriental, des deux séries antécambriennes successives, le Suggarien et le Pharusien, définies par C. Kilian ([2]) et étudiées plus à l'Ouest par M. Lelubre ([3]).

De nouvelles observations montrent l'existence dans ce socle d'épaisses séries plissées de conglomérats et d'arkoses.

A 40 km au Sud du puits de Tiririne, environ 2 000 m de telles formations constituent un synclinal méridien; à l'Est elles reposent en discordance angulaire sur un granite pharusien qui contient de larges zones enclavées de schistes et d'amphibolites; à l'Ouest, elles sont en contact par accident avec des séries suggariennes de gneiss, amphibolites et quartzites; les

galets des conglomérats sont des granites, schistes et amphibolites issus du Pharusien sur lequel ils reposent.

En maints autres endroits du socle où cette série a été reconnue, son caractère discordant sur le Pharusien schisteux ou granitisé a été retrouvé.

A 40 km au Nord du puits de Tiririne, les grès horizontaux de l'Oued Tafesaset, rapportés aux grès inférieurs des Tassilis, d'âge au moins silurien, recouvrent les conglomérats et arkoses dont les bancs sont verticaux.

Ces observations permettent de définir une série à laquelle on peut attribuer le nom de *série de Tiririne*, d'après la source de Tiririne (Anahef oriental) où elle affleure.

Analyse de la série de Tiririne. — Au stade actuel des reconnaissances géologiques dans cette région, l'extension géographique de cette série est la suivante : à l'Est de l'Anahef, des bassins discontinus constitués par ces formations s'allongent sur un grand accident méridien séparant des zones suggariennes à l'Ouest et pharusiennes à l'Est; ce sillon suit sensiblement le 8°30′ de longitude Est, il a été observé sur 250 km, depuis sa disparition sous les regs du Tafesaset au Nord, jusqu'à la frontière de l'Algérie et de l'Afrique occidentale française au Sud, au-delà de laquelle il semble se prolonger. Dans l'Oued Adar, au Sud de l'Anahef, un petit bassin, constitué de brèches du même type, est logé au sein de schistes pharusiens.

La composition lithologique de ces bassins consiste en conglomérats à éléments roulés dont les galets peuvent avoir des dimensions de l'ordre du mètre, en brèches à éléments anguleux, en arkoses bréchiques qui en sont le constituant essentiel et en schistes. Des séries volcaniques du type spilite sont localement importantes.

La sédimentation de la série de Tiririne, d'origine essentiellement détritique, a un caractère très local : les éléments des conglomérats et brèches proviennent du Pharusien; leur dépôt n'a pas été précédé d'un transport sur une grande distance, car leur composition reproduit celle du socle pharusien le plus proche.

Du fait de ces caractères de sédimentation, les échelles stratigraphiques n'ont que des valeurs locales à l'intérieur des bassins. L'épaisseur de la série peut atteindre plusieurs milliers de mètres.

Aucun métamorphisme n'a été décelé dans ces formations. Une épidotisation et une quartzification affectent seulement les zones d'écrasement. Quelques gros dykes de quartz les traversent.

La série de Tiririne a une tectonique de petits plis de couverture. Elle est intensément fracturée.

Age. — Structuralement et morphologiquement, la série de Tiririne fait partie du socle antécambrien dont la surface pénéplanée a été recouverte en discordance par les formations paléozoïques des Tassilis. Sa sédi-

mentation s'est opérée à un certain stade de démolition de la chaîne pharusienne érodée jusqu'aux granites.

Elle est à première vue analogue, par ses caractères lithologiques, ses caractères de sédimentation et ses caractères structuraux, aux séries nigritiennes définies par R. Karpoff ([4]) dans l'Adrar des Iforas et à d'autres séries du même type trouvées en maints endroits du socle antécambrien d'Afrique. Cependant les bassins ainsi constitués sont essentiellement localisés; ils se sont formés et ont évolué indépendamment les uns des autres; de ce fait, ils ne peuvent être définis que localement en l'absence de critère paléontologique.

L'histoire antécambrienne de l'Ahaggar oriental après la surrection de la chaîne suggarienne aurait été marquée par plusieurs phases de sédimentation et d'orogénèse, de plus en plus localisées et restreintes au cours de leur succession dans le temps. La série de Tiririne représenterait une phase ultime de cette évolution structurale du socle.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 435 et *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 13, p. 271.
([2]) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1932, n° 7, p. 87.
([3]) *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 1952, 2e série, n° 22.
([4]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 428.

PRÉHISTOIRE. — *Nouvelles précisions sur les gisements à « Pebble-Culture » des plages marines soulevées du Quaternaire ancien de Casablanca (Maroc).* Note de M. **Pierre Biberson**, présentée par M. Paul Fallot.

Les « plages soulevées » atlantiques de la région de Casablanca, attribuables au Quaternaire ancien, qui s'étagent de + 100 m à + 14 m, viennent de livrer, ces trois dernières années, des ensembles d'industries lithiques se rapportant à la « Pebble-Culture »; on peut déceler une évolution de l'outillage sur galets précédant celle des industries de la civilisation des bifaces (Acheuléen).

Au cours d'une précédente Note, dans laquelle je rendais compte de la découverte, pour la première fois au Maroc atlantique, de traces très nettes d'industries préhistoriques anciennes ayant précédé la civilisation acheuléenne des bifaces, j'avais signalé que ces vestiges, récoltés à la base des dépôts de la transgression de + 30 m — à paralléliser sans doute avec le Tyrrhénien I de la Méditerranée — présentaient une très forte usure due au roulis marin qui permettait d'inférer que ces pièces étaient remaniées de niveaux beaucoup anciens ([1]).

Cette hypothèse vient de trouver sa confirmation du fait de la découverte, au cours de ces trois dernières années, de pièces comparables, mais moins oblitérées que celles précédemment décrites, gisant dans les poudingues de base des plages fossiles qui s'étagent tout au long des hauts niveaux marins régressifs du Quaternaire, descendant de + 100 m à + 14 m.

En effet, en dehors de la « Grotte des Ours » déjà citée dans ma précédente Communication, des galets aménagés se rapportant à la « Pebble-Culture » ont été récoltés dans six carrières différentes. Il s'agit des sites suivants :

1° La carrière Déprez; altitude + 100 m;

2° La carrière Haj Salah; alt. + 80 m;

3° La carrière de l'Aéroport; alt. + 75 m;

4° Les carrières Tarit; alt. + 55 m;

5° La carrière de Sidi Abderrahman-Ancienne exploitation; alt. + 18 m;

6° La carrière de Sidi Abderrahman-Extension; alt. + 14 m.

Dans tous les cas les pièces ont été récoltées *dans* les poudingues de galets marins et *sous* les grès de plage, lumachelles et dunes consolidées.

Les trois premières plages paraissent appartenir au même cycle; les trois dernières, à un cycle immédiatement postérieur. Donc, par rapport à la « Grotte des Ours » décrite dans ma précédente Note, nous avons affaire aux dépôts régressifs de deux transgressions antérieures à celle qui a comblé la grotte (mer de 30 m), ce qui corrobore les conclusions auxquelles nous avions abouti en 1953.

Les géologues ne sont pas encore d'accord sur la place à attribuer, dans la nomenclature, à ces divers niveaux. J'ai admis, après M. Gigout notamment [2], que les *hauts niveaux* de + 100 m à + 70 m correspondaient au Calabrien régressif; les niveaux de + 60 m à + 14 m, au Sicilien également régressif; les *bas niveaux* de + 30 m, au Tyrrhénien I.

Quoiqu'il en soit, dès les plus hauts niveaux (carrière Déprez) on constate la présence de, au moins, deux séries d'industries sur galets, d'après le degré d'usure des pièces par le roulis marin. La première série ne comporte que quelques rares *choppers*, avec un ou deux enlèvements d'éclats, sur un seul côté, à l'extrémité d'un petit galet plat; ces formes rappellent de très près celles du Kafouen d'Afrique Orientale [3]; on y trouve aussi quelques éclats sans forme définie. La seconde, moins roulée, contient essentiellement des pièces massives (*batiformes* de C. van Riet Lowe), avec taille abrupte des côtés, qui se rapprochent parfois du type *rostrocarené*. Ces mêmes instruments se retrouvent à la carrière Haj Salah et aux carrières Tarit; ils ne se rencontrent à Sidi Abderrahman, sous cette forme rudimentaire, que très roulés.

Les éclats, toujours très atypiques, se font plus nombreux à la carrière de l'Aéroport, à côté de galets tronqués et utilisés du type « Kafouen ».

Les boules polyédriques : les célèbres *sphéroïdes à facettes* de l'Aïn Hanech [4], n'apparaissent qu'à la carrière Tarit II et abondent à Sidi Abderrahman.

Enfin les *chopping tools*, ou tranchoirs oldovaiens, sont absents des hauts niveaux et ne débutent qu'à Sidi Abderrahman-Extension, avec les premières ébauches de « coups de poing » à section triédrique.

D'après ces premières données, il semble qu'on puisse dès à présent esquisser un schéma de l'évolution de la « Pebble-Culture » au Maroc atlantique; on y pressent en effet quatre stades pouvant se caractériser de la façon suivante :

a. un stade archaïque de petits galets plats avec un ou deux enlèvements d'un seul côté, à une extrémité, stade à rapprocher du Kafouen (*choppers*);

b. un stade ancien à pièces massives *rostro-carenées* ou *batiformes*;

c. un stade moyen à polyèdres du type *sphéroïdes à facettes* du Villafranchien d'Algérie;

d. un stade final avec tranchoirs de l'Oldovaien (*chopping-tools*), où s'ébauchent aussi les formes de trièdres et de bifaces primitifs.

La recherche du synchronisme de ces stades, définis d'après les découvertes effectuées dans les niveaux marins, avec ceux qu'on s'efforce actuellement de déterminer par les récoltes analogues dans les formations continentales du Villafranchien d'Afrique du Nord, permettra sans doute d'apporter prochainement d'utiles précisions sur ces premières manifestations de l'activité humaine.

(1) P. Biberson, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1742.

(2) M. Gigout et Y. Gourinard, *Essai de corrélation du Quaternaire marin entre les côtes atlantique du Maroc et méditerranéenne d'Oranie*, Inqua, Rome, 1953.

(3) C. van Riet Lowe, *The Pleistocene Geology and Prehistory of Uganda*. Part II : *Prehistory*, Benham and C°, Colchester (England), 1952.

(4) C. Arambourg, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 66.

SÉISMOLOGIE. — *Sur les microséismes produits par certains fronts froids à Alger.* Note de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

Un front froid, caractérisé au sol, situé dans le Canal de Sicile, provoque des coïncidences en périodes sur V et EW; l'existence d'ondes de Rayleigh pures n'est cependant pas sûre. Celle d'ondes de Love, résultant d'une modification locale des ondes de Rayleigh, peut être retenue lorsque le front intéresse des régions bien définies.

Les deux Mainka, antérieurement à l'Observatoire de La Bouzaréa, ont été provisoirement réinstallés à Alger-Université, et ont fourni, après transformation par J.-J. Castet, des enregistrements photographiques réguliers à partir du 11 octobre 1954. J'ai étudié ces enregistrements jusqu'au 20 mai 1955, en les comparant à ceux du vertical moyenne période Coulomb-Grenet (V) qui fonctionne à Alger depuis 1951.

Si l'EW a donné toute satisfaction, les indications du NS sont souvent douteuses, mais je n'ai tenu compte que de celles qui sont sûres. Je me suis d'ailleurs contenté de mesurer les périodes, suivant une méthode déjà éprouvée, et non les amplitudes, pour les heures suivant 6 h et 18 h G. M. T.

Les coïncidences en périodes se produisent régulièrement sur V et EW lorsque les microséismes à Alger sont imputables à un front froid au sol, « caractérisé » par un gradient isallobarique net, situé dans la région du Canal de Sicile, sans pour autant que l'on puisse soutenir qu'il existe des ondes de Rayleigh pures; il est en effet très rare qu'il y ait simultanéité, même approximative, d'un maximum d'amplitude de la composante verticale et d'un maximum de la composante horizontale; le déphasage d'un de ces maxima par rapport à l'autre est continuellement variable et peut atteindre la demi-période.

Lorsque la source de microséismes n'est pas dans la région ci-dessus indiquée, les ondes de Rayleigh pures sont totalement inexistantes.

J'ai essayé de voir dans quelles conditions les enregistrements des horizontaux permettent d'envisager l'existence d'ondes de Love; si celles-ci résultent d'une modification locale des ondes de Rayleigh, leurs périodes sont très voisines de celles données par V ou en sont des harmoniques. Or, on constate qu'il en est bien ainsi, en admettant que les microséismes cheminent suivant des grands cercles de la sphère terrestre :

— pour le bassin W de la Méditerranée, lorsque le front froid, caractérisé au sol, auquel elles sont imputables, se trouve entre la Corse, les Baléares et la côte N du bassin, ou dans le tiers S de la Mer Tyrrhénienne;

— pour l'Océan Atlantique et ses dépendances NE, lorsque le front n'est pas séparé d'Alger par le Massif Central ou ne se trouve pas au voisinage immédiat de l'arc Alger-point A (frégate météorologique au SW de l'Islande).

Mais les cheminements des microséismes sont peut-être loin d'être des grands cercles terrestres. De plus, il faut tenir compte du fait qu'Alger est bâtie sur un horst dont l'extension et la profondeur en mer, de même que les valeurs des pentes des flancs regardant la mer, sont pratiquement inconnues.

SÉISMOLOGIE. — *Évaluation de la période d'oscillation d'une sphère élastique hétérogène, par application du principe de Rayleigh; (vibrations propres de rotation)*. Note de Mme **Nelly Jobert**, présentée par M. Charles Maurain.

Le principe de Rayleigh pour la détermination rapide de la période de vibration d'un système, pour un mode fondamental ou un harmonique de rang peu élevé, a déjà été appliqué en Séismologie ([1]), ([2]). Son utilisation permet le calcul approché de la période des oscillations de rotation [1ière classe selon H. Lamb ([3])] pour un modèle de sphère hétérogène quelconque : on prend pour solution d'essai la solution de l'équation différentielle du mouvement qui correspond à une sphère homogène ayant les propriétés physiques

moyennes de la sphère considérée. Nous nous bornerons au mode $n = 2$, qui a la période la plus grande. On sait que l'erreur sur le résultat est alors la plus faible.

Afin de nous en assurer, nous avons d'abord fait le calcul dans les trois cas suivants :

I. Coque homogène de rayon a, entourant un noyau liquide de rayon $0{,}5469 . a$. La vitesse des ondes S dans la coque est $V_s = (\mu/\rho)^{1/2} = 6{,}5$ km/s (⁴),

II. Sphère hétérogène où la densité ρ et la rigidité μ varient avec le rayon r suivant les lois :

$$\rho = \rho_0 \frac{a}{r}, \qquad \rho_0 = 3 \text{ g/cm}^3;$$

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{a}{r}\right)^{\frac{3}{2}}, \qquad \mu_0 = 0{,}6 . 10^{12} \text{ dynes/cm}^2;$$

$$\left(\frac{\mu_0}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{2}} = V_S(a) = 4{,}47 \text{ km/s}.$$

III. Coque hétérogène, entourant un noyau liquide de rayon $0{,}5469 . a$ et

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{a}{r}\right)^{1{,}32}, \qquad \mu = \mu_0 \left(\frac{a}{r}\right)^{2{,}54}, \qquad \left(\frac{\mu_0}{\rho_0}\right)^{\frac{1}{2}} = V_S(a) = 5 \text{ km/s}.$$

Le calcul exact de la période a été fait (⁴), pour le cas I. Dans les cas II et III on peut intégrer l'équation différentielle du mouvement et calculer la période en utilisant les conditions aux limites. Le tableau suivant permet de comparer les résultats du calcul approché et du calcul exact

	Calcul exact.	Calcul approché.	Erreur relative.
Solution d'essai......	$ka = \sqrt{\frac{\rho}{\mu}} \frac{2\pi a}{T} = 2{,}5$; $T = 39{,}3$ mn	–	–
I..................	$ka = 2{,}415$; $T = 42{,}5$ mn	$ka = 2{,}422$	0,35 %
II.................	$ka = 3{,}43$; $T = 43{,}3$ mn	$ka = 3{,}62$	6 %
III................	$ka = 2{,}89$; $T = 46{,}2$ mn	$ka = 2{,}93$	1,3 %

L'erreur commise lors de l'application du principe de Rayleigh est de l'ordre de grandeur du carré des différences entre les amplitudes de la solution exacte et de la solution d'essai. Dans le cas II il y a une différence importante entre les deux amplitudes au centre (l'amplitude de la solution d'essai est d'ordre r, celle de la vraie solution est d'orde $r^{1{,}68}$). Ceci explique l'erreur plus grande. Dans tous les cas, la période approchée est trop faible.

On a alors utilisé les données de K. Bullen (⁵) pour les variations de ρ et μ

dans la Terre. L'application du principe de Rayleigh nécessite deux intégrations qui ont été faites graphiquement. On obtient finalement pour période : $T = 43,54$ mn.

Si l'on admet que le résultat trouvé est de 1 % trop faible, comme dans le cas III, la période des oscillations de la sphère considérée est alors : $T = 44$ mn. Bien que supérieure de quelques minutes à celle d'une sphère homogène, cette période est plus faible que la période de 57 mn des grandes oscillations consécutives au séisme du Kamtchatka du 4 novembre 1952, enregistrées par l'extensomètre de H. Benioff (6). On peut donc se demander si celles-ci représentent vraiment les oscillations d'une Terre parfaitement élastique.

(1) H. Jeffreys, *M. N. R. A. S.*, *Geoph. Suppl.*, 3, 1936, p. 253.
(2) G. et N. Jobert, *Ann. Géoph.*, 9, 1953, p. 250, 345.
(3) A. E. H. Love, *A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*, New-York, 1944, p. 284.
(4) T. Matumoto et Y. Sato, *B. E. R. I.*, 32, 1954, p. 247.
(5) *An Introduction to the Theory of Seismology*, p. 218.
(6) H. Benioff, B. Gutenberg et C. F. Richter, *Trans. Amer. Geoph. Union*, 35, n° 6, part I, p. 984.

HISTOLOGIE. — *Action d'un libérateur d'histamine, dérivé de la p-méthoxyphénéthyl méthylamine, sur le système lymphatique, chez le Rat.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

Sous l'effet de ce dérivé les vaisseaux lymphatiques subissent une dilatation importante et les labrocytes sont rapidement drainés vers les ganglions : dès la 10e minute qui suit l'injection du libérateur d'histamine le sinus périphérique cortical contient de nombreux labrocytes, Le ganglion lymphatique est un centre de lyse pour les labrocytes, à l'exclusion de la rate ou du poumon.

Certains faits sont actuellement bien établis.

1° Les pharmacodynamistes ont montré que toute arrivée brusque d'histamine dans l'organisme provoque une accélération de la circulation lymphatique, qu'il s'agisse de canal thoracique, de lymphatiques des membres ou des lymphatiques cervicaux (1), (2), (3), (4).

2° Le choc peptonique, qui s'accompagne d'une libération d'histamine par les tissus (5), (6), (7), (8), provoque une accélération de la circulation lymphatique (9); de même, un alcaloïde, la sinoménine d'Ishiwari (10), connu pour être un libérateur d'histamine (11) est également un lymphagogue (12).

3° Sous l'influence d'un produit de condensation de la *p*-méthoxyphénéthyl méthylamine et de l'aldéhyde formique, vendu dans le commerce sous le nom de 48/80, les tissus perdent rapidement leur histamine

(Feldberg et Talesnik, 1953) et leurs labrocytes [Mota et coll., 1953; Fawcett, 1954; Riley et West, 1955 ([13])]. Une action lymphagogue du 48/80 semblait donc probable et il m'a paru opportun de rechercher des modifications éventuelles des ganglions lymphatiques, des plaques de Peyer et du thymus, sous l'effet de ce libérateur d'histamine.

Les recherches ont porté sur des lots de rats pubères des deux sexes, de 135 à 190 g. Le 48/80 a été injecté par voie intrapéritonéale. Certains lots de rats ont reçu une dose donnée de 48/80 et ont été sacrifiés à des moments variés, d'autres ont reçu des doses différentes et ont été sacrifiés après le même délai d'action du 48/80. Les examens ont été faits depuis 10 mn jusqu'à 68 h après l'injection.

Les doses de 125 à 500 μg provoquent le choc classique, avec œdème, rougeur et prurit. L'étude histologique et hématologique, faite en fonction du temps, révèle des perturbations tissulaires profondes.

Dès la 10e minute qui suit l'injection de 48/80, outre les ruptures véritablement explosives des labrocytes, avec éparpillement des labrogranules dans le tissu conjonctif avoisinant, il existe une dilatation énorme des capillaires, des veines et des vaisseaux lymphatiques; les artères apparaissent le plus souvent contractées, avec une intima profondément plissée et une lumière pauvre en sang.

L'injection de 250 à 500 μg de 48/80 provoque une surcharge de certains ganglions lymphatiques en labrocytes altérés, et cela à l'exclusion de tous les autres organes examinés (rein, intestin, rate, pancréas, poumon ou plèvre, thymus et paquet vasculonerveux du cou). Il n'est pas rare de trouver des labrocytes dans la lumière des vaisseaux lymphatiques, ils affluent vers le sinus périphérique cortical et encombrent, de proche en proche, tous les sinus; dès la 30e minute qui suit l'injection, le ganglion qui apparaît augmenté de volume et brunâtre, à la dissection, a des sinus dilatés et gorgés d'un mélange de labrocytes altérés et de macrophages ayant phagocyté des labrogranules; 4 h après l'injection de 500 μg de 48/80, la dilatation sinusienne persiste et les labrocytes ont subi une lyse prononcée, leurs labrogranules, amenuisés, ont perdu leur métachromasie, leurs noyaux sont devenus chromophobes; les restes labrocytaires sont mêlés à de nombreux ocrocytes.

L'injection de 125 μg *de* 48/80 est suivie des mêmes perturbations ganglionnaires mais elles sont moins massives; après une phase d'enrichissement ganglionnaire en labrocytes plus ou moins altérés, le tissu lymphoïde, réticulum et lymphoblastes, s'hyperplasie — les centres clairs germinatifs de Flemming apparaissent riches en mitoses après réaction de Feulgen-Rossenbeck — la lumière des sinus est réduite jusqu'à n'être qu'une fente, où sont emprisonnés des labrocytes en voie de lyse.

Les plaques de Peyer participent à la suractivité du tissu lymphoïde, mais ne s'enrichissent, à aucun moment, en débris labrocytaires, non plus

que la rate, cependant cette dernière se surcharge en fer; la surcharge est maximale 1 h après l'injection de 48/80; vers la 68e heure qui suit l'injection la teneur de la rate en fer est sensiblement normale.

L'étude du sang, faite en fonction du temps, ne révèle aucun passage de labrocytes. Le 48/80 provoque une leucopénie avec lymphocyto-monocytose. La coagulabilité sanguine semble augmentée dans un premier temps, puis diminuée. La moelle osseuse s'enrichit en labrocytes et en mégacaryocytes; la labrocytose médullaire est maximale aux environs de la 19e heure qui suit l'injection de 48/80, quand la dose est de 500 μg.

Discussion. — Le 48/80 ne lèse pas exclusivement les labrocytes, il est également hémolytique, puisque sous son action la rate et les ganglions se surchargent en fer.

Outre la macrophagie *in situ* des labrocytes et l'élimination possible des labrocytes à travers les épithelia, le 48/80 révèle qu'un transfert important de labrocytes se fait du tissu conjonctif, par la lymphe, au ganglion lymphatique, de sorte que le ganglion apparaît comme un centre de lyse des labrocytes au terme de leur évolution et l'équivalent, pour les labrocytes, de ce qu'est la rate pour les hématies. Le poumon ne semble pas impliqué dans la labrocytolyse, contrairement à l'hypothèse de Kluth ([14]).

Le sinus cortical périphérique semble bien n'être qu'une voie de passage, les sinus intermédiaires du ganglion lymphatique étant les centres métaboliques, comme l'admet Kessler ([15]), puisque les labrocytes ne font que passer dans le sinus marginal et qu'ils stagnent longtemps dans les sinus intermédiaires.

L'affinité particulière des labrocytes pour la lymphe et les ganglions lymphatiques, révélée par le 48/80 est peut-être à rapprocher de la forte teneur en histamine et en histaminase de ces formations [Kahlson et Dale ([16])]. A ce propos un dosage de l'héparine et de l'histamine dans les ganglions lymphatiques après administration de 48/80 est très désirable.

Conclusion. — Après traitement par un produit de condensation de la *p*-méthoxyphénéthyl méthylamine avec l'aldéhyde formique, le Rat présente une dilatation veineuse, capillaire et lymphatique considérable; les labrocytes quittent le tissu conjonctif et sont électivement drainés vers les ganglions lymphatiques où ils sont lysés.

([1]) H. H. Dale et P. P. Laidlaw, *J. Physiol.*, 43, 1911, p. 182.
([2]) F. W. Haynes, *Amer. J. Physiol.*, 101, 1932, p. 612.
([3]) H. Yamasaki, *Folia pharm. jap.*, 27, 1939, p. 35.
([4]) J. D. Mc Carrel et C. K. Drinker, *Amer. J. Physiol.*, 133, 1941, p. 64.
([5]) W. Feldberg et. W. J. O'Connor, *J. Physiol.*, 90, 1937, p. 228.
([6]) J. Tinel, G. Ungar et J. L. Parrot, *C. R. Soc. Biol.*, 129, 1938, p. 267.
([7]) C. A. Dragstedt, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 46, 1941, p. 576.
([8]) M. Chambon et M. T. Lavaud, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 471.

(9) M. CALVARY, *Münch. med. Wochen.*, 13, 1911, p. 670.
(10) CHUGAI-IJI-SHIMPO, n° 991, 1921, p. 767.
(11) H. MAYEDA, *Jap. J. Pharm.*, 3, 1953, p. 62.
(12) K. KOBAYASHI, *Folia pharm. jap.*, 35, 1942, p. 119.
(13) Bibliographie dans L. ARVY, *Rev. Hématol.*, 10, 1955, p. 55-94 et *Année biol.*, 32, 1956, *p.* 169-202.
(14) *Zbl. allg. Path. path. Anat.*, 87, 1951, p. 139.
(15) *Zbl. allg. Path. path. Anat.*, 93, 1955, p. 139.
(16) *In* discussions, *Histamine*, Churchill, édit., Londres, 1956.

HÉMATOLOGIE. — *Granules ferrugineux observés au microscope électronique dans les cellules de la moelle osseuse et dans les sidérocytes.* Note de M. **MARCEL BESSIS** et Mme **JANINE BRETON-GORIUS**, transmise par M. Albert Policard.

Des granules de 70 Å de diamètre, soit dispersés soit rassemblés en amas, existent dans de nombreuses cellules de la série érythrocytaire. On les retrouve également dans les cellules réticulaires situées dans les îlots érythroblastiques.

En 1943, Doniach et Grüneberg (1) ont montré la présence, dans certains érythrocytes, de petites plages colorables au ferrocyanure de potassium. Ils ont appelé ces cellules des sidérocytes. Ces corps furent retrouvés dans les érythroblastes de moelle par Mc Fadzean et L. J. Davis (2) (sidéroblastes). Nos recherches à l'aide du microscope électronique permettent de préciser la structure de ces granulations.

Technique. — De petits fragments de moelle sont isolés à partir d'une côte humaine, prélevée au cours d'une intervention chirurgicale. Ils sont fixés immédiatement dans le liquide de Palade ou de Dalton, puis déshydratés et inclus dans du méthacrylate de butyle suivant les méthodes usuelles. Les coupes ont été effectuées à l'ultramicrotome Porter-Blum.

Certains érythrocytes, réticulocytes et érythroblastes présentent un ou plusieurs corpuscules très foncés qui, au fort grossissement (environ 150 000 diamètres) se montrent constitués de grains très fins. Ils mesurent en moyenne de 60 à 80 Å. Les coupes en série montrent qu'ils constituent en général une masse de 1 μ environ. Dans quelques cas, ces amas de grains sont serrés les uns contre les autres et entourés d'une zone cytoplasmique plus dense, mais ils ne semblent jamais limités par une membrane. Souvent on retrouve des grains semblables dispersés dans tout le cytoplasme de la cellule. La zone externe proche de la membrane cytoplasmique est quelquefois doublée par une couche presque continue de ces granules.

D'un autre côté, on trouve des grains tout à fait semblables groupés

ou dispersés dans les cellules réticulaires macrophages. Il est intéressant de noter que ces cellules réticulaires contenant ces granules se trouvent toujours au centre d'îlots érythroblastiques. Dans de nombreux cas,

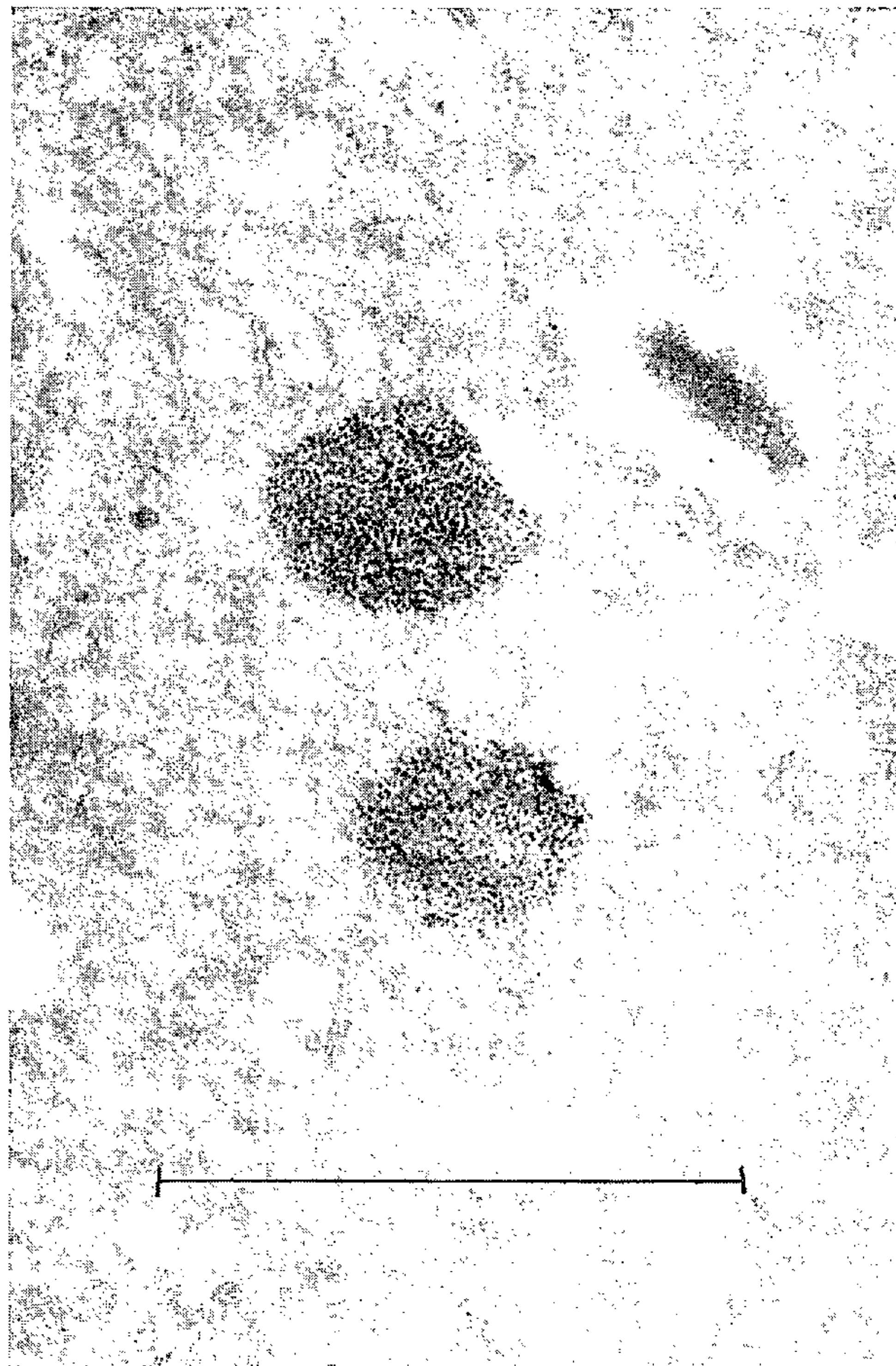


Fig. 1. — Amas de granules ferrugineux dans un réticulocyte (grossissement environ 77 000)

on voit leurs digitations, remplies de ces granules, se mouler sur les érythroblastes en voie de maturation et l'on distingue des granules de fer de part et d'autre des surfaces de séparation érythroblaste-cellules réticulaires; ceci suggère l'idée d'un passage de ces éléments d'une cellule à l'autre, sans que, pour le moment, on puisse en préciser le sens. L'analogie des granules trouvés dans les érythroblastes et ceux des macrophages est certaine.

Dans les deux types cellulaires, leur nombre augmente au cours des anémies hémolytiques, qu'elles soient provoquées expérimentalement

(chez le Rat) ou qu'elles proviennent d'une atteinte pathloogique; dans



Fig. 2. — Bord (*en haut*) d'un érythroblaste au contact d'un macrophage détruit contenant un grand nombre de granules ferrugineux isolés (grossissement environ 70 000).

la maladie hémolytique du nouveau-né, ces corps existent en grand nombre, en particulier dans les réticulocytes.

(1) H. Grüneberg, *Nature*, London, 148, 1941, p. 114.
(2) *J. Med. N. S.*, 18, 1949, p. 57.

ZOOLOGIE. — *Localisation d'un organe olfactif non encore décrit chez les Aranéides.* Note de M. **Roland Legendre**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Aucun organe de perception des odeurs n'est connu avec certitude chez les Aranéides et même pendant fort longtemps ces animaux ont passé pour totalement dépourvus d'odorat (1). Par la suite, divers organes se sont vus tour à tour assigner un rôle olfactif : organes lyriformes (2), organes tarsaux (3); si les premiers ont été longtemps considérés comme olfactifs, les expériences décisives de W. S. Bristowe et G. H. Locket (4) ont démontré la non intervention des seconds dans la perception des odeurs. J. W. S. Pringle (5) vient de prouver d'une façon convaincante le rôle uniquement proprioceptif joué par les organes lyriformes des Aranéides, confirmant les assertions de H. Vogel (6) qui dès 1923 se refusait à voir dans les organes lyriformes le siège de l'odorat chez les Arachnides.

L'observation du comportement des Araignées oblige à admettre une faculté de perception des odeurs chez ces Arthropodes. L'odorat semble jouer un rôle notamment dans la prise de nourriture et fort vraisemblablement dans la recherche des partenaires à l'époque de l'accouplement.

L'utilisation de techniques expérimentales telles que l'ablation d'organes et le vaselinage de zones cuticulaires nous ont conduit à localiser un organe olfactif inédit, situé à la jonction rostropalpaire, en pleine région péribuccale; l'examen histologique nous a pleinement confirmé la présence en cet endroit d'un organe sensoriel que nous devons de ce fait considérer comme siège de l'olfaction chez les Araignées.

Techniques expérimentales. — Nous avons repris les techniques de vaselinage et d'ablation utilisées par les auteurs antérieurs [Mac Indoo (2), B. J. Kaston (7), J. Millot (8)]. Elles consistent à obturer à l'aide de vaseline (après anesthésie) les orifices des organes lyriformes et tarsaux et de soumettre ensuite l'animal à un stimulus olfactif (baguette de verre trempée dans une substance odorante non irritante : baume de Canada, essence de girofle, terpinéol), ou alors, à détruire (après anesthésie) à l'aide d'un thermocautère des plages présomptives (ou des organes tels que le rostre et les lames maxillaires) et de soumettre ensuite l'animal aux stimuli olfactifs; il nous est souvent arrivé de combiner ces deux méthodes, c'est-à-dire de vaseliner l'animal après avoir effectué une cautérisation partielle.

Le matériel expérimental nous a été fourni par des Araignées adultes de l'espèce *Tegenaria atrica* C. L. Koch. Les conclusions que nous pouvons tirer de nos expériences sont les suivantes :

— Les organes tarsaux n'interviennent nullement dans la perception des odeurs (ablation des tarses, vaselinage;)

— Les organes lyriformes ne peuvent être considérés comme des organes olfactifs; un enrobage total de l'animal expérimenté dans la vaseline ne supprime pas les réactions de celui-ci aux stimuli olfactifs;

— La région antérieure du corps (région céphalique) réagit plus rapidement que la région postérieure;

— Si, malgré un vaselinage complet, on laisse libre la jonction rostropalpaire, les réponses aux stimuli olfactifs (position de défense de l'animal, fuite) restent normales.

Ces expériences nous ont conduit à admettre la présence d'un organe olfacto-récepteur dans la région rostropalpaire, confirmée d'ailleurs par des recherches histologiques.

Description anatomique. — Trouvé initialement chez la Tégénaire, cet organe se rencontre chez les représentants des différentes familles d'Araignées Labidognathes que nous avons pu étudier (*Agelenidæ, Pisauridæ, Lycosidæ, Salticidæ, Araneidæ, Argiopidæ, Pholcidæ, Thomisidæ, Clubionidæ, Dictynidæ, Amaurobiidæ, Sicaridæ*).

Situé à l'articulation du rostre et des pédipalpes, au voisinage immédiat de l'orifice buccal, l'organe olfactif est formé par de grands éléments cellulaires allongés, en prolongation avec l'hypoderme banal, dont ils dérivent vraisemblablement; il ne descend jamais plus bas que la base du rostre. De fines ramifications nerveuses entourent la base des cellules.

Deux types d'éléments cellulaires composent cet organe :

— Des *cellules sensorielles*, de grande taille (100 à 125 μ), dont la partie supérieure se prolonge à l'intérieur d'un canal chitineux très fin traversant la cuticule; cette prolongation cellulaire affleure en surface et n'est recouverte par aucune sorte de membrane. Après dissection, l'examen au binoculaire permet d'observer à l'aisselle de l'articulation rostropalpaire de nombreux pores correspondants aux débouchés de ces canaux cuticulaires. Le noyau est de grande taille, nucléolé; le cytoplasme, dense et fortement chromophile renferme dans sa partie supérieure un canalicule axial apparemment rempli de substances plus colorables, analogue à la formation décrite par J. Millot ([8]) dans les cellules gustatives des Aranéides. La partie inférieure du cytoplasme émet des fibrilles qui se réunissent en un nerf olfactif se rendant au ganglion des pédipalpes.

— Des *cellules de soutien*, de petite taille, certainement d'origine hypodermique et qui viennent se loger entre les cellules sensorielles.

Variation sexuelle. — L'épaisseur de cet épithélium olfactif n'est pas identique dans les deux sexes. C'est ainsi qu'il présente une épaisseur un peu plus grande chez les mâles que chez les femelles; les cellules sensorielles y sont aussi plus nombreuses et il semble bien que les mâles disposent d'un appareil olfactif plus développé que celui des femelles. Nous soulignons ici cette différence car elle est à l'inverse de celle que nous avons signalée pour l'organe pariétal des Aranéides ([9]) : pour celui-ci en effet, ce sont les femelles qui présentent le plus fort développement; nous avions alors émis l'hypothèse que cet organe produisait vraisemblablement des substances odoriférantes.

La position de l'organe olfactif peut paraître bizarre : on est en effet en droit de se demander si les stimuli peuvent atteindre la région de l'articulation rostropalpaire. L'observation sur le vivant montre que les Araignées ont toujours les chélicères écartées de la zone péribuccale, permettant ainsi une mise en contact de l'articulation rostropalpaire avec l'air ambiant; soumise à un stimulus olfactif, on voit l'Araignée remuer ses chélicères en un mouvement caractéristique dont le rôle est évident : éventer la région péribuccale et permettre ainsi l'arrivée des odeurs jusqu'à l'organe récepteur. Nous avons eu l'occasion d'observer à maintes reprises dans la nature le même comportement (vibration des chélicères) chez des mâles d'*Araneus diadematus* Cl. s'approchant des femelles pour l'accouplement; il ne subsiste aucun doute pour nous : ce sont des stimuli olfactifs

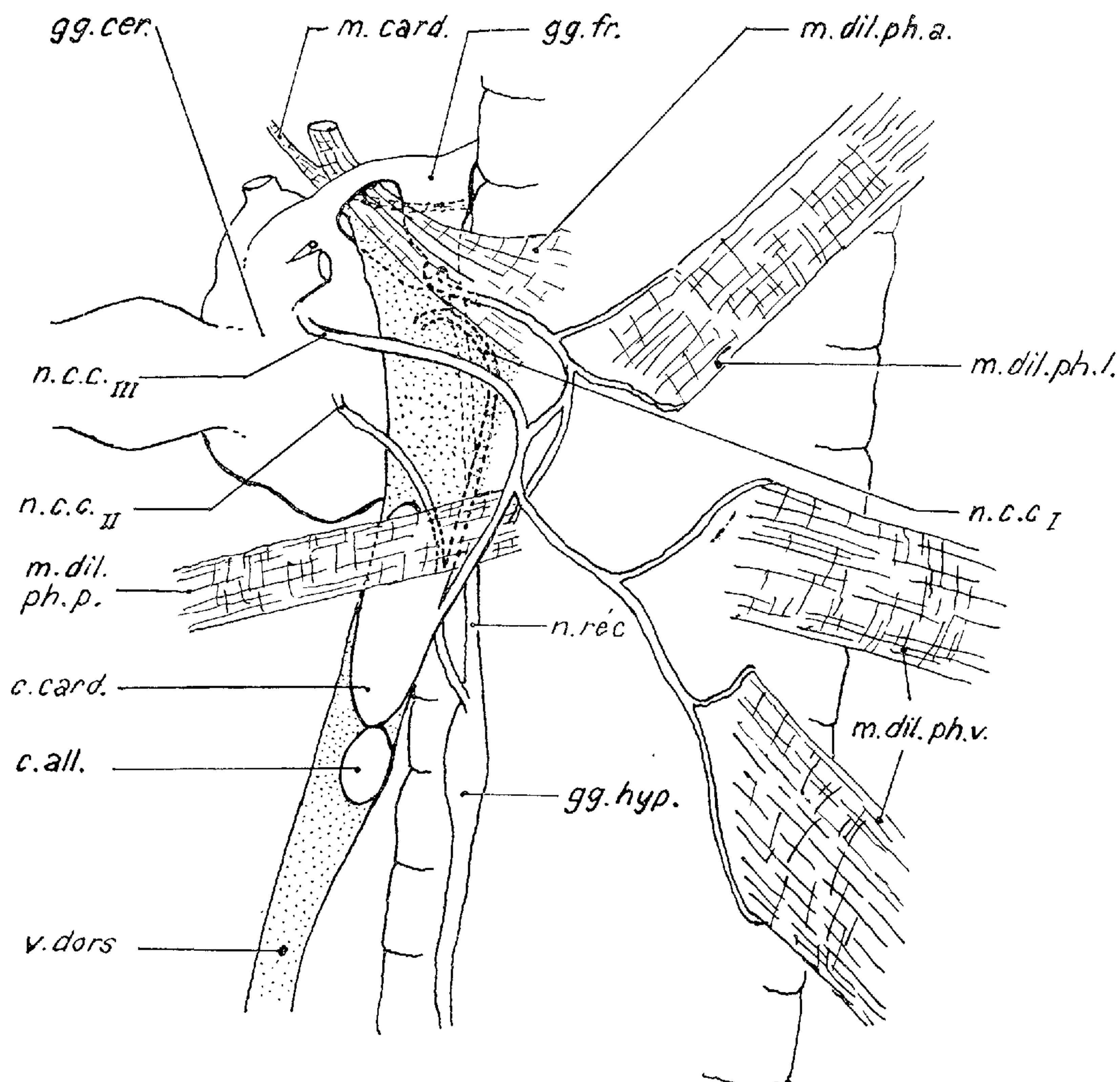
qui facilitent le rapprochement des sexes chez les Araignées. L'organe émetteur de ces stimuli est l'organe pariétal, nous signalons maintenant l'organe récepteur.

(1) W. A. Nagel, *Zoologica*, 18, 1894.
(2) N. G. Mac Indoo, *Pr. Acad. nat. Sci. Philad.*, 63, 1911.
(3) H. Blumenthal, *Zeitsch. f. Morph. u. Oekol. d. Tiere*, 29, 1935.
(4) *Proc. Zool. Soc. London*, 22, 1926.
(5) *J. Exp. Biology*, 32, 1955.
(6) *Jena Zeitschr. Naturw.*, 59, 1923.
(7) *J. Morphology*, 58, 1935.
(8) *Bull. Soc. Zool. France*, 61, 1936.
(9) R. Legendre, *Ann. Univ. sar.*, 4, 1955.

BIOLOGIE. — *Mise en évidence, chez les Phasmides, d'une troisième paire de* Nervi corporis cardiaci, *voie possible de cheminement de la substance chromactive tritocérébrale vers les* corpora cardiaca. Note de Mme **Marie Dupont-Raabe**, présentée par M. Louis Fage.

L'étude anatomique de la destinée des différents nerfs cérébraux des Phasmides m'a permis de constater, chez ces Insectes, le fait curieux de l'existence d'une troisième paire de *Nervi corporis cardiaci* qui a échappé à l'observation des différents auteurs à l'exception de Nyst (1) qui mentionne brièvement la présence, chez *Carausius morosus*, d'un groupe de trois nerfs issus de la face ventrale du cerveau, se rendant aux annexes cardiaques et dont les points d'origine forment un triangle sous chaque lobe du cerveau. Les nerfs annexes internes et intermédiaires de Nyst correspondent aux *Nervi corporis cardiaci* I et II issus respectivement de la partie antéromédiane du protocérébron et des lobes protocérébraux latéraux; son nerf annexe externe correspond à la troisième paire de *Nervi corporis cardiaci* d'origine tritocérébrale que l'on pourrait désigner sous le nom de *Nervi corporis cardiaci* III. Les trois paires de nerfs atteignent les *corpora cardiaca* sensiblement au même point; les *Nervi corporis cardiaci* I cheminent dans la lumière du vaisseau dorsal; les *Nervi corporis cardiaci* II et III ont un trajet entièrement extra-aortique, les premiers passant en avant des dilatateurs pharyngiens postérieurs, les seconds en arrière de ceux-ci; leur trajet est plus long et plus complexe que celui des *Nervi corporis cardiaci* I et II, car ils décrivent une large boucle latérale. Leur émergence se situe au voisinage immédiat du collier péri-œsophagien, en arrière de celui-ci; ils peuvent donc correspondre par leur position au nerf latéral tritocérébral décrit chez certaines espèces. Des rameaux latéraux issus des *Nervi corporis cardiaci* III innervent les muscles pharyngiens, latéraux, dorsaux et ventraux; le premier de ces rameaux nerveux

se continue vers l'avant, traverse les muscles pharyngiens antérieurs et la paroi latérale de l'aorte qui leur est adjacente, et atteint le nerf récurrent immédiatement en arrière du ganglion frontal; les fibres qui assurent l'innervation de la musculature pharyngienne peuvent donc provenir du ganglion frontal comme du tritocérébron.



Innervation des *corpora cardiaca*. c. all. : *corpora allata*; c. card. : *corpora cardiaca*; gg. cer. : ganglions cérébroïdes; gg. fr. : ganglion frontal; gg. hyp. : ganglion hypocérébral; m. card. : muscle cardiaque; m. dil. ph. a., l., p., v. : muscles dilatateurs pharyngiens antérieurs, latéraux, postérieurs, ventraux; n. c. c. I, II, III : *Nervi corporis cardiaci* I, II, III; n. réc. : nerf récurrent; v. dors. : vaisseau dorsal.

La présence d'une troisième paire de *Nervi corporis cardiaci* d'origine tritocérébrale ne peut être mise en doute chez les Phasmides, notamment après une coloration vitale au bleu de méthylène qui permet de suivre le trajet d'un certain nombre de fibres du tritocérébron jusqu'aux *corpora*

cardiaca. Le caractère primitif de ces Insectes doit, peut-être, être invoqué pour justifier la présence de dispositifs anatomiques particuliers; cependant il est permis de supposer également que ces nerfs existent chez d'autres espèces, mais ont échappé à l'observation en raison de leur finesse et surtout de leur position. La présence d'un nerf latéral issu des *corpora cardiaca* a été relatée chez des espèces variées; sa destinée précise est inconnue et il n'est pas impossible que, dans certains cas, tout au moins, il puisse avoir une origine tritocérébrale ([2]). Signalons par ailleurs que Pflugfelder ([3]) a décrit chez les *Cicadidæ* l'existence de trois racines au nerf unique des *corpora cardiaca*, l'une d'entre elles provenant du tricocérébron, observation confirmée par Pesson ([4]) chez les Coccides.

L'innervation tritocérébrale des *corpora cardiaca* présente un intérêt particulier si on l'envisage dans le cadre des recherches relatives aux substances chromactives des Phasmides ([5]). Ces Insectes possèdent en effet dans le système nerveux central et en particulier dans le cerveau d'une part, dans les *corpora cardiaca* d'autre part, deux substances chromactives dont le test vis-à-vis des pigments de l'Insecte et vis-à-vis des chromatophores de différentes espèces de Crustacés, dans des extraits bruts et après séparation par électrophorèse ([5]), a montré qu'elles diffèrent qualitativement mais présentent une certaine parenté.

La substance du système nerveux central seule est impliquée dans la commande du changement de coloration nycthéméral des animaux; elle induit l'apparition de la livrée crépusculaire. La substance des *corpora cardiaca* dont la présence n'est pas nécessaire à la réalisation de la variation périodique, provoque un assombrissement ménagé mais non maximum comme la substance cérébrale; son rôle peut être de permettre à l'animal le maintien d'une livrée intermédiaire, mais il est possible également qu'elle ait une signification physiologique différente et n'agisse qu'accessoirement sur les mouvements pigmentaires.

L'existence d'une parenté entre deux substances présentes, l'une dans le cerveau, l'autre dans les *corpora cardiaca*, avait incité tout d'abord à formuler l'hypothèse de l'origine de la seconde à partir de la première; cependant la localisation ultérieure de la sécrétion de la substance chromactive à la région tritocérébrale du cerveau ([6]) et non aux régions protocérébrales d'origine des *Nervi corporis cardiaci* I et II (*pars intercerebralis* et cellules neurosécrétrices des lobes protocérébraux) rendait difficile de concevoir la possibilité d'un cheminement, du cerveau vers les *corpora cardiaca*. La mise en évidence des *Nervi corporis cardiaci* III, reliant le tritocérébron à ces derniers organes permet de reconsidérer la question puisqu'une connection anatomique existe entre les *corpora cardiaca* et la région chromactive du cerveau, le tritocérébron. On peut proposer, tout au moins à titre d'hypothèse, le schéma suivant : élaboration d'une substance chromactive C dans le tritocérébron, cheminement le long des *Nervi*

corporis cardiaci III, accumulation et transformation en une substance chromactive A au niveau des *corpora cardiaca*.

(1) *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, 83, n° 2, 1942, p. 150-164.
(2) Des recherches en cours semblent confirmer cette hypothèse dans le cas de la Blatte, *Periplaneta americana*.
(3) *Zoologica*, 34, 1937, 93, p. 1-102.
(4) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 67, 1942, p. 56-58.
(5) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 886; *Arch. Zool. exp. gén.*, 89, n° 3, 1952, p. 102-112; *Pubb. Staz. Zool. Napoli*, 24, 1953, p. 3.
(5) B. Carlisle, M. Dupont-Raabe, F. Knowles, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 665; *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 34, 1955, p. 611-635.
(6) M. Dupont-Raabe, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 950.

BIOLOGIE. — *Recherches sur les Fourmis parasites. Le parasitisme social double.* Note de M. **Georges Le Masne**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On ne connaît jusqu'ici chez les Fourmis du genre *Plagiolepis* que deux espèces qui pratiquent le parasitisme social : *Plagiolepis xene* Stärcke (1) et *Plagiolepis grassei* Le Masne (2). La première est dépourvue d'ouvrières; la seconde en possède, en petit nombre. Les deux espèces coexistent dans la région côtière des Pyrénées-Orientales. Elles ont le même hôte, *Plagiolepis pygmæa* Latr. Toutes deux se comportent en parasite obligatoire et dépendent entièrement de leur hôte, en particulier pour l'alimentation des adultes et l'élevage du couvain. Dans les deux cas, les reines *pygmæa* subsistent à côté des femelles parasites (mais la structure souvent diffuse du nid ne permet pas toujours de les capturer).

Les sociétés de *Plagiolepis pygmæa* parasitées n'hébergent le plus souvent qu'une seule des deux espèces parasites, avec laquelle elles forment des sociétés mixtes de type classique, à deux espèces partenaires (*pygmæa-xene* ou bien *pygmæa-grassei*). Mais j'ai trouvé également, à deux reprises, au début d'avril 1956, les deux espèces de *Plagiolepis* parasites *ensemble, dans un même nid* de *Pl. pygmæa*.

La composition de ces sociétés complexes était la suivante. Première société : 10 femelles *xene*, 3 femelles *grassei*, 14 ouvrières *grassei*, environ 250 ouvrières *pygmæa*. Deuxième société : 4 femelles *xene*, 3 femelles *grassei*, aucune ouvrière de cette espèce, 47 ouvrières *pygmæa*. En outre, divers Acariens myrmécophiles. Dans les deux cas, les femelles *pygmæa* manquent, vraisemblablement par suite des conditions de capture (rien, jusqu'ici, ne permet de supposer que la double infestation parasitaire entraîne la disparition de la reine-hôte). Aucune des deux sociétés ne contenait de couvain lors de sa capture (mais le couvain manquait, à la

même époque, dans nombre de nids de *Pl. pygmæa*, parasités ou non, et dans ceux de beaucoup d'autres Fourmis, — par suite, très certainement, des grands froids de février 1956). Du couvain est apparu peu de temps après.

Ces sociétés *pygmæa-xene-grassei* diffèrent, on le voit, des sociétés mixtes avec parasitisme social simple, de type classique, qui ne réunissent que deux espèces différentes de Fourmis. Ici la société comporte trois espèces partenaires, avec *parasitisme social double*. Je ne connais pas d'autre cas d'une société de Fourmis hébergeant simultanément, en association étroite, deux espèces de Fourmis parasites différentes. Il s'agit d'un type nouveau de société, de structure notablement plus complexe que les sociétés mixtes naturelles décrites jusqu'ici.

Il faut souligner et préciser *le caractère original de ce type de société.* Sans doute, on connaît déjà chez les Fourmis quelques cas de sociétés mixtes triples, mais leur structure est toute différente.

1° Une société de *Formica sanguinea* peut réunir des « esclaves » appartenant à deux, voire trois espèces de *Formica*, qui nourrissent — au moins en partie — les *sanguinea*, ainsi que leur couvain; à l'inverse, dans la société triple décrite ici les *Pl. pygmæa* nourrissent des parasites de deux espèces différentes. D'autre part, les « *Serviformica* » réunies dans le même nid de *sanguinea* n'y sont représentées que par des ouvrières et des cocons; tandis que les deux *Plagiolepis* parasites montrent dans le nid triple leurs diverses castes, et leur couvain.

2° On peut trouver dans un même nid d'*Harpagoxenus sublævis* des ouvrières de *Leptothorax acervorum* et de *Leptothorax muscorum* ([2]). Le déterminisme de ce phénomène est sans doute le même que dans le cas des *Formica sanguinea*, ainsi que la structure de la société triple, — qui diffère, par conséquent, de celle des *Plagiolepis.*

3° Gösswald ([4]) a découvert une société mixte qui unissait la Fourm parasite *Epimyrma gösswaldi* Men. et ses deux hôtes possibles, *Leptothorax unifasciatus* et *Lept. nigriceps*, représentées seulement par des ouvrières et des nymphes. Gösswald voit là non pas la conséquence d'un rapt de nymphes, mais un mélange de sociétés très voisines, provoqué par la reine d'*Epimyrma*, qui les aurait attaqués l'une après l'autre.

Dans ce dernier cas, comme dans les précédents, il s'agit d'*une* espèce de Fourmis parasites (ou esclavagistes) cohabitant avec *des ouvrières et des nymphes* de deux espèces hôtes (ou esclaves) qui servent de « nourrices », d' « auxiliaires ». A l'inverse, la société triple de *Plagiolepis* réunit une espèce hôte, nourricière, et *deux* espèces parasites, représentées par *leurs diverses castes et leur couvain.* Ce dernier type de société est tout à fait original.

Quelles sont les conditions nécessaires à l'apparition du parasitisme social double ? Avons-nous quelque chance de découvrir d'autres cas analogues ? Il est possible de distinguer trois conditions indispensables, — les deux premières tout à fait évidentes, mais rarement réalisées.

A. Il faut que les deux espèces parasites se fassent héberger normalement par le même hôte. On connaît de tels cas (ainsi *Epimyrma kraussei* Em. et *Epim. vandeli* Sants. chez *Leptothorax recedens* Nyl.), mais ils sont rares et ne satisfont pas, en général, aux deux conditions suivantes.

B. Il faut que les deux espèces parasites habitent la même région et acceptent des conditions écologiques identiques. C'est le cas pour les deux *Plagiolepis* parasites, mais non point, par exemple, pour les deux *Epimyrma* mentionnées ci-dessus, dont la répartition diffère (5).

C. Il faut enfin, pour qu'une telle société triple soit durable, que les Fourmis parasites, et en particulier les femelles, soient dépourvues de tout comportement combatif, de toute activité hostile à l'égard de Fourmis d'autres espèces. Il en va ainsi pour *Plagiolepis xene*, qui se fait adopter par *Pl. pygmæa* sans combattre le moindrement, même lorsque les ouvrières *pygmæa* l'attaquent de façon sévère (6) — et sans doute aussi pour *Pl. grassei*, chez qui de longues observations et les quelques expériences entreprises n'ont mis en évidence aucune activité hostile à l'égard des autres individus. Il n'en serait pas de même, par exemple, pour des *Epimyrma* : l'infestation de la société hôte par la femelle d'*Epimyrma* s'accompagne du massacre de nombreuses ouvrières *Leptothorax*, puis de la reine *Leptothorax*; même dans des sociétés plus âgées ce comportement agressif peut réapparaître de temps en temps (5). Je ne pense pas qu'il puisse exister de société durable comprenant des femelles *Epimyrma* d'espèces différentes.

On voit donc que les conditions nécessaires à l'apparition et au maintien du parasitisme social double sont très strictes, et sans aucun doute *très rarement réalisées.*

Une publication ultérieure (7) analysera les relations entre les individus d'espèces différentes au sein des sociétés triples de *Plagiolepis*, et tentera de préciser leur mode de formation.

Associant deux espèces de Fourmis distinctes en une société unique, *le parasitisme social réalise une forme de vie sociale originale*, mettant en jeu des relations inter-individuelles de grande complexité (8). *Le parasitisme social double*, qui unit deux espèces parasites et une espèce hôte, *réalise un type de société différent, plus complexe encore.*

(1) *Cf.* KUTTER et STUMPER, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1482; KUTTER, *Mitt. schweiz. ent. Ges.*, 25, 1952, p. 57-72 et LE MASNE, *Bull. Soc. ent. Fr.*, 1956.

(2) *Cf.* LE MASNE, *loc. cit.*, et *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 673.

([3]) *Cf.* Adlerz, *Bih. Svensk. Vet. Akad. Handl.*, 21, 1896, p. 1-76.
([4]) *Z. wiss. Zool.*, 136, 1930, p. 464-484; *Ibid.*, 144, 1933, p. 262-288.
([5]) Le Masne, *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 1956.
([6]) *Cf.* Kutter, *loc. cit.*, j'ai vérifié ce fait à maintes reprises.
([7]) *C. R.* 10[e] *Congr. intern. Entom.* (Montréal, 1956).
([8]) *Cf.* Le Masne, *Coll. intern. du C. N. R. S.*, 24, 1952, p. 19-70.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un procédé chimique de restauration du pouvoir de régénération chez un Batracien anoure,* Alytes obstetricans. Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Afin de provoquer la régénération des membres chez les Batraciens anoures, à un stade ontogénétique où ils n'ont plus cette possibilité, diverses méthodes, utilisant des substances chimiques, ont été employées. Elles ont pour but de créer, dans l'organe considéré, une « dédifférenciation » des tissus qui les rende aptes à régénérer. Nous présentons, ici, les résultats de l'application d'un tel procédé chez un Batracien anoure, *Alytes obstetricans*.

Les animaux sont traités à un stade larvaire correspondant à la limite du pouvoir de régénération. Les deux membres postérieurs sont sectionnés à un même niveau. Le gauche, laissé tel, sert de témoin; la surface de section du droit est badigeonnée avec une solution diluée d'acide acétique. Les meilleurs résultats sont obtenus en utilisant une concentration de 25 %.

Sur un total de 16 animaux d'expérience, 10 donnent, à partir des membres traités, des régénérations qui sont plus importantes que des « côtés » témoins; dans quatre cas, elles sont équivalentes, et dans deux, mieux développées des « côtés » témoins.

Les quatre figures ci-après montrent la diversité des régénérats obtenus. Dans son ensemble, le traitement a nettement influencé la régénération dans un sens favorable.

Les phénomènes de mortification, qui normalement s'observent, après une simple amputation, dans les tissus internes de l'extrémité du moignon de membre, sont considérés nécessaires pour que la régénération s'établisse. C'est le stimulus initial du processus. Ses causes efficientes sont, d'une part, les produits de dégradation des tissus et, d'autre part, conditionnée par la première, l'activité des cellules saines libérées des structures tissulaires moins détruites. L'application de la solution d'acide acétique accentue ces phénomènes de mortification et, corrélativement, la régénération en est d'autant favorisée. A cette action favorable s'en ajoute une autre qui concerne l'épiderme. Celui-ci dans le cas de l'amputation simple, est peu atteint par la mortification, rapidement il recouvre la surface de blessure et, avant que les éléments actifs des tissus internes aient pu se manifester, forme un obstacle cicatriciel à la régénération. Après le badigeonnage à l'acide acétique, l'épiderme, à l'opposé du cas précédent,

est lui aussi très mortifié, sa croissance en est d'autant retardée et la cicatrisation, moins hâtive, inhibe peu ou pas la régénération.



Dans les limites de notre expérience, les phénomènes de mortification ont un double effet sur le rétablissement total ou partiel du pouvoir de régénération. Ceux-ci, plus importants que dans le cas d'une simple amputation, intéressent un plus grand nombre d'éléments, il y a, là, un premier facteur d'ordre quantitatif. Le second facteur, auquel il faut attribuer un rôle très important, concerne la mortification particulière de l'épiderme. C'est elle qui permet de rétablir l'équilibre d'activité de croissance entre les tissus internes et l'épiderme, équilibre qui est nécessaire pour que la régénération s'effectue.

L'observation histologique montre, qu'à l'extrémité du moignon de membre, il existe une zone intermédiaire entre celle de mortification totale et celle d'entière vitalité, dont la structure des tissus doit correspondre à l'état de « dédifférenciation histologique » des Auteurs.

Si, chez les Anoures, à un stade avancé de leur développement, l'insuffisance des phénomènes de mortification, qui normalement s'y constate après un simple traumatisme, n'est pas uniquement la cause de la perte du pouvoir de régénération, les résultats de cette expérience montrent que ces phénomènes ont au moins une importance considérable dans le processus régénératif.

BIOCHIMIE. — *Isolement de trois nouveaux stéroïdes réducteurs dans les urines de femmes enceintes.* Note de MM. **Étienne-Émile Baulieu** et **Max-Fernand Jayle** [1], présentée par M. Robert Courrier.

Les auteurs ont mis en évidence dans les urines de femmes enceintes trois cétostéroïdes réducteurs; ceux-ci sont absents des urines en dehors de la grossesse et ils sont différents des métabolites isolés après administration de cortisol, cortisone, corticostérone, 11-désoxy-17-hydroxycorticostérone, 17-hydroxyprogestérone et progestérone. L'origine placentaire de ces trois stéroïdes est discutée.

Le point de départ de nos recherches est la constatation de résultats divergents lorsque, au cours de la grossesse, on évalue dans les urines, après hydrolyse enzymatique, les corticoïdes réducteurs [2], les corticoïdes DNPH [3], les 17-hydroxycorticoïdes [4], les corticoïdes formaldéhydogènes [5] et acétaldéhydogènes [6]. Les trois dernières catégories de corticoïdes ne subissent aucune augmentation significative du début au terme de la gestation. En revanche, les « corticoïdes » réducteurs et les corticoïdes-DNPH augmentent régulièrement de la quinzième à la quarantième semaine après les dernières règles.

TABLEAU I.

Mois de grossesse	0 (*).	1-3.	4-5.	6.	7-8.	9-terme.
Corticoïdes réducteurs [2]	10	9,4	15,0	18,5	20,3	24,0
Corticoïdes DNPH [3]	8	7,0	11,0	14,0	17,5	28,0
17-hydroxycorticoïdes [4]	4	–	4,5	4,2	4,3	5,0
Corticoïdes formaldéhydogènes [5]	8	–	9,0	9,0	12,0	9,0
Corticoïdes acétaldéhydogènes [6]	35	–	3,5	4,2	4,1	4,5

(*) Moyennes de nos résultats chez les femmes normales en phase folliculaire.

Nous avons fractionné par chromatographie sur papier ces substances réductrices, provenant d'urines de grossesses normales de trente à trente-quatre semaines.

Mode opératoire. — Les urines sont extraites par $HCCl_3$ à pH 7 (fraction libre), puis hydrolysées par les enzymes du suc digestif d'*Hélix Pomatia* L. (glycuronidase et sulfatases) et réextraites par $HCCl_3$ (fraction conjuguée). Seule la fraction conjuguée est étudiée. On leur applique le fractionnement de partage C_6H_6-H_2O (1/10); la chromatographie sur papier ne révèle pas la présence de stéroïdes réducteurs dans la fraction benzénosoluble. La fraction hydrosoluble est extraite par $HCCl_3$ et soumise au réactif T de Girard. La fraction cétonique est chromatographiée sur une colonne de Florisil; différents mélanges $HCCl_3$—CH_3OH sont utilisés pour l'élution. Les éluats sont chromatographiés sur papier Whatmann n° 2 par le système toluène, acétate d'éthyl (9/1)-méthanol, eau (5/5) et sur papier Whatmann n° 1 par les systèmes toluène-propylèneglycol d'une part et benzène, hexane (5/5)-propylèneglycol d'autre part. Les stéroïdes réducteurs sont repérés par le chlorure de triphényltétrazolium (TPTZ) en milieu alcalin.

Résultats. — Le tableau II montre l'existence dans la fraction hydrosoluble de « corticoïdes » réducteurs et DNPH qui ne sont pas expliqués par les autres déterminations de corticoïdes. Après séparation de Girard, 70 % des stéroïdes réducteurs se retrouvent dans la fraction cétonique et les 4/5e d'entre eux sont élués du Florisil par le mélange $HCCl_3$, CH_3OH (9/1).

TABLEAU II.

	Urines de femmes enceintes.		
	$HCCl_3$ [8].	Benzène [8].	Eau [8].
Corticoïdes réducteurs [2]	27,3	9,0	18,5
Corticoïdes DNPH [3]	32	20,0	12,5
17-hydroxycorticoïdes [4]	4	1,8	1,4
Corticoïdes formaldéhydogènes [5]	9,8	–	4,5
Corticoïdes acétaldéhydogènes [6]	4,0	2,5	2,5
17-cétostéroïdes [7]	–	8,0	1,0
Pregnandiol	–	–	0

Par chromatographie sur papier on met en évidence trois stéroïdes réducteurs moins polaires que la cortisone ; nous en donnons quelques caractéristiques sur le tableau III.

TABLEAU III.

Migration sur papier [9].		BT [10] TPTZ.	$\Delta 4$–3CO [12].	MDB [13].	HIO_4 + MDB [14].	DNPH [15].	H_3PO_4 [16].
1.	1–2...	+	0	Gris	+	Jaune	Jaune-vert
2.	2–3...	+	0	Rose	+	Jaune [17]	Jaune-vert [17]
3 [18].	3–4...	+	0	0	0	0	Jaune-vert

Commentaires. — 1° Avec es mêmes méthodes, nous n'avons pas trouvé de substances réductrices ayant les mêmes propriétés dans les urines de sujets normaux et atteints d'hypercorticisme surrénalien. De même après administration de cortisone, de cortisol, corticostérone, 11-désoxy-17-hydroxycorticostérone, 17-hydroxyprogestérone et progestérone, nous n'avons pu détecter de métabolites ayant ces propriétés. Il paraît probable que ces stéroïdes réducteurs proviennent du placenta. Cette supposition est encore renforcée par la mise en évidence de ces métabolites chez une femme enceinte atteinte de maladie d'Addison [19].

2° La nature stérolique de ces métabolites cétoniques et réducteurs est très probable, en raison de leurs caractères de solubilité, de leur comportement chromatographique, des propriétés rapportées sur le tableau III et des réactions de caractérisation par les acides sulfurique, dinitrobenzoïque et phosphomolybdique.

Les études concernant la préparation à l'état pur de ces métabolites et la recherche de leur précurseur sont en cours.

[1] Avec la collaboration technique de Monique de Vigan.

[2] R. D. H. HEARD, H. SOBEL et E. H. VENNING, *J. Biol. Chem.*, 165, 1946, p. 687.

[3] Réagissant avec la dinitrophénylhydrazine : A. G. GORNALL et M. P. Mac DONALD, *J. Biol. Chem.*, 201, 1953, p. 278.

(4) R. H. Silber et C. C. Porter, *J. Biol. Chem.*, **210**, 1954, p. 923.

(5) W. H. Daughaday, H. Jaffé et R. H. Williams, *J. Clin. Endocrinol.*, **8**, 1948, p. 166.

(6) R. J. Cox, *Biochem. J.*, **52**, 1952, p. 340.

(7) W. Zimmermann, *Ztschr. F. Physiol. Chem.*, **233**, 1935, p. 257.

(8) *Voir* texte : mode opératoire.

(9) Les chiffres indiquent le R_E, c'est-à-dire la migration par rapport à la cortisone; ils sont approximatifs car ils varient avec les systèmes utilisés.

(10) Bleu de tétrazolium en milieu alcalin.

(11) Triphényltétrazolium en milieu alcalin.

(12) *Détection* : *a*. absorption dans l'ultraviolet à 2 500 Å; *b*. fluorescence jaune en lumière de Wood après chauffage en milieu sodique.

(13) Métadinitrobenzène en milieu potassique.

(14) Oxydation périodique en milieu tétraméthylammonium puis métadinitrobenzène en milieu potassique.

(15) 2.4-dinitrophénylhydrazine en milieu chlorhydrique

(16) Fluorescence en lumière de Wood après chauffage en milieu phosphorique.

(17) Atypique.

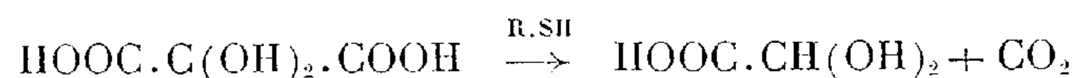
(18) Un quatrième corps plus polaire est en voie d'isolement.

(19) E. E. Baulieu, H. Bricaire et M. F. Jayle, *J. Clin. Endocrinol.*, **16**, 1956, p. 690.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la décarboxylation de l'acide mésoxalique. Propriétés décarboxylantes de l'homocystéine.* Note de M. **André Touzé** et Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Raoul Combes.

L'homocystéine décarboxyle l'acide mésoxalique et présente un comportement voisin de celui de la cystéine. La réactivité de ces deux composés s'avère cependant différente et fait ressortir l'influence de la configuration moléculaire des catalyseurs dans le processus de décarboxylation.

Dans une précédente Note, Y. Guitton et l'un de nous (1) attiraient l'attention sur l'importance, dans la réaction de décarboxylation de l'acide mésoxalique, de la configuration moléculaire du catalyseur,



$$HOOC.C(OH)_2.COOH \xrightarrow{R.SH} HOOC.CH(OH)_2 + CO_2$$

et montraient que la présence d'un radical amine libre au voisinage du groupe thiol actif modifiait profondément l'allure du phénomène. C'est ainsi qu'en présence de cystéine, il n'apparaît plus, au cours du processus, des quantités stœchiométriques d'acide glyoxylique et d'anhydride carbonique. Une réaction secondaire entre l'acide glyoxylique apparu et la cystéine, réaction conduisant à la formation d'une thiazolidine, est vraisemblablement à l'origine de cette constatation.

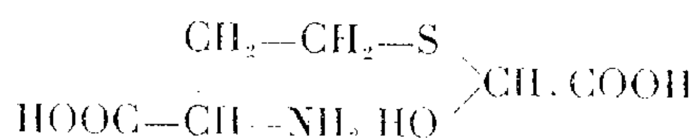
Nous nous proposons, ici, de donner les résultats obtenus avec l'homocystéine, homologue supérieur de la cystéine, présentant un allongement de la chaîne carbonée avec éloignement des fonctions thiol et amine.

La décarboxylation de l'acide mésoxalique par l'homocystéine a été appréciée, en atmosphère d'azote, à la température de 38°, à l'appareil de Warburg. Elle s'effectue dans la zone acide des pH, mais le pH optimum, situé, dans ce cas, à 3,9-4,0 est nettement plus élevé que celui déterminé pour la cystéine, 2,5. La vitesse de décarboxylation croît avec la concentration en substrat et tend vers une valeur limite atteinte pour une concentration au moins égale à M/10, la concentration en homocystéine étant de M/200. Dans les mêmes conditions de temps (60 mn) et de concentration en catalyseur (M/100), l'homocystéine possède une activité décarboxylante (6,2 mmol d'anhydride carbonique dégagé par litre et par heure) supérieure d'un tiers à celle de la cystéine.

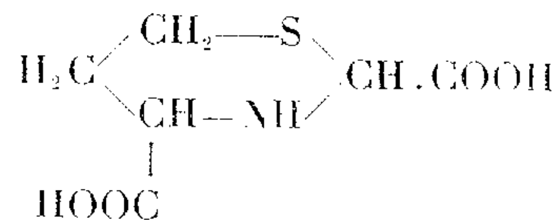
A pH 3,9 et à la concentration optimale en substrat, l'étude de la cinétique de la réaction montre qu'en des temps égaux, il n'apparaît pas des quantités équivalentes d'anhydride carbonique. L'intensité de la décarboxylation croît pendant les 10 premières minutes et décroît ensuite régulièrement; après une heure d'action, la réaction s'arrête comme le montre le tableau suivant :

	CO_2 dégagé en millimolécules par litre.			CO_2 dégagé en millimolécules par litre.	
Temps en minutes.	1er essai.	2e essai.	Temps en minutes.	1er essai.	2e essai.
0 à 5	0,37	0,36	45 à 50	0,12	0,12
5 à 10	0,48	0,47	50 à 55	0,09	0,08
10 à 15	0,45	0,45	55 à 60	0,09	0,08
15 à 20	0,40	0,38	60 à 65	0,06	0,06
20 à 25	0,31	0,31	65 à 70	0,06	0,06
25 à 30	0,28	0,28	70 à 75	0,06	0,06
30 à 35	0,21	0,21	75 à 80	0,04	0,04
35 à 40	0,16	0,18	80 à 85	0,04	0,04
40 à 45	0,16	0,16	85 à 90	0,03	0,03

L'arrêt de la réaction ne peut être dû qu'à un blocage du catalyseur, car nous opérons toujours en présence d'un large excès de substrat. Ce blocage pourrait, comme dans le cas de la cystéine, se faire en deux temps : tout d'abord, formation d'un semimercaptal [1] entre l'homocystéine et l'acide glyoxylique, puis cyclisation de ce semimercaptal pour donner un composé à noyau thiazine (II).



(I)



(II)

La réaction de décarboxylation catalysée par l'homocystéine s'arrête

beaucoup plus rapidement que celle provoquée par la cystéine; il se pourrait que la tendance à la cyclisation du semimercaptal glyoxylique de l'homocystéine soit plus forte.

L'étude de la décarboxylation par l'homocystéine amène encore la constatation suivante : il n'y a pas formation de quantités équimoléculaires d'anhydride carbonique et d'acide glyoxylique. On constate un déficit en acide glyoxylique explicable par une interaction entre l'homocystéine et ce dernier composé.

En résumé, cystéine et homocystéine présentent, dans leur action sur l'acide mésoxalique, les points communs suivants : vitesse de décarboxylation non constante, absence de stœchiométrie entre les produits de la décarboxylation. Toutefois, l'homocystéine se distingue de la cystéine par son pouvoir décarboxylant plus notable. Ce fait ne peut s'expliquer que par la différence qui existe entre ces deux composés dans la position respective de leurs fonctions amino et thiol.

(1) Y. GUITTON et G. BRUNEL-CAPELLE, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2057.

IMMUNOLOGIE. — *Propriétés immunologiques de l'albumine de Cheval traitée par le formol et la chaleur : anaphylaxie chez le Cobaye*. Note de M. **JEAN-JACQUES PÉREZ**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'albumine ainsi traitée perd presque complètement le pouvoir de déclencher des crises anaphylactiques chez les animaux sensibilisés à l'albumine; diminue son pouvoir sensibilisant, mais ne lui fait pas acquérir une nouvelle spécificité antigénique.

Dans deux Notes précédentes (1), nous avons étudié les propriétés immunologiques de l'albumine cristallisée du sérum de Cheval formolée et chauffée dans des conditions données (2). Pour cela, nous avons examiné le pouvoir précipitant spécifique de l'albumine normale et de l'albumine formolée-chauffée (A. F. C.) avec des immunsérums de Lapin anti-albumine et anti-A. F. C.

Nous avons étendu l'étude des propriétés immunologiques de l'A. F. C. à l'anaphylaxie chez le Cobaye et constaté les faits suivants : 1° Si on sensibilise des cobayes par une injection sous-cutanée de 0,20 cm^3 d'une solution d'albumine à 5 %, on constate que ces animaux sont sensibles à une injection déchaînante (3) d'albumine : 94 % ont, en effet, des crises mortelles et 6 % des crises très violentes. Par contre, ces animaux ont une faible sensibilité à une injection d'A. F. C. : 30 % n'ont pas de crise, 60 % ont de faibles crises (4) et 10 % ont des crises assez fortes — mais jamais mortelles — apparaissant plusieurs minutes après l'injection alors

qu'avec l'albumine normale les crises débutent entre 30 s et 1 mn après l'injection. En outre, les animaux qui ont eu une crise anaphylactique par injection d'A. F. C. ont généralement une crise mortelle ou très violente si on leur injecte, 30 mn après rétablissement, de l'albumine normale; 2° Si on sensibilise des cobayes par une injection sous-cutanée d'A. F. C., les animaux sont peu ou pas sensibles à une injection déchaînante d'A. F. C. ou d'albumine. Plus précisément, avec l'A. F. C. 50 % des animaux ont des crises très faibles et 50 % n'ont pas de crise. Le pourcentage est sensiblement le même avec l'albumine normale; 3° Si on sensibilise des cobayes par deux injections sous-cutanées d'A. F. C. faites à 4 jours d'intervalle, ces animaux sont sensibles à l'A. F. C. et à l'albumine normale. En effet, par injection déchaînante d'A. F. C. 20 % des animaux n'ont pas de crise, 20 % ont des crises faibles, 45 % des crises très fortes et 15 % des crises mortelles. Par injection d'albumine normale, les pourcentages sont du même ordre de grandeur, mais le nombre des crises mortelles est cependant plus élevé.

Nous voyons que les résultats obtenus par l'étude de l'anaphylaxie chez le Cobaye sont superposables à ceux obtenus par l'étude du pouvoir précipitant des immunsérums de Lapin. On observe dans le cas de la sensibilisation du Cobaye, comme dans celui de l'immunisation du Lapin, une grande diminution du pouvoir antigénique de l'albumine sous l'action du formol et de la chaleur puisqu'il faut deux injections sous-cutanées d'A. F. C. pour sensibiliser les animaux alors qu'une seule injection sous-cutanée ou intrapéritonéale est suffisante avec l'albumine. En outre, même avec deux injections d'A. F. C., le pourcentage des animaux sensibilisés est moins grand qu'avec une injection d'albumine. D'autre part, de même qu'un certain nombre d'immunsérums antia-lbumine précipitent légèrement avec l'A. F. C., un certain nombre de cobayes sensibilisés avec l'albumine réagissent à une injection déchaînante d'A. F. C. Enfin, de même que la totalité des anticorps anti-A. F. C. est précipitée par l'albumine normale, les cobayes sensibilisés avec l'A. F. C. sont aussi sensibles à l'albumine normale qu'à l'A. F. C. *Le traitement de l'albumine par le formol et la chaleur lui a donc presque complètement fait perdre le pouvoir de déclencher des crises anaphylactiques chez des cobayes sensibilisés avec de l'albumine, a diminué son pouvoir sensibilisant mais n'a cependant pas fait acquérir à l'albumine une spécificité anaphylactique nouvelle.* Il peut paraître paradoxal que les animaux sensibilisés avec l'albumine ne soient que peu ou pas sensibles à l'A. F. C. tandis que les animaux sensibilisés à l'A. F. C. sont aussi sensibles — sinon davantage — à l'albumine qu'à l'A. F. C. Ce fait est, d'ailleurs, comparable à celui que nous avons vu [1] dans le cas des réactions de précipitation des immunsérums de Lapin et peut s'expliquer par les mêmes hypothèses [5] : 1° les facteurs qui inter-

viennent pour diminuer l'affinité et ralentir ou supprimer la réaction de précipitation antigène-anticorps dans le système immunsérum antialbumine-A.F. C. peuvent contribuer à diminuer l'intensité du choc anaphylactique ou à le supprimer car on peut penser que la rapidité de l'union de l'antigène à l'anticorps est un des facteurs de l'intensité de la crise anaphylactique; 2° l'albumine aurait deux catégories de motifs antigéniques dont l'une seulement serait détruite par l'action du formol et de la chaleur. Le motif non détruit serait moins antigénique que l'autre (c'est-à-dire que les anticorps adaptés à ces motifs se formeraient par une immunisation ou une sensibilisation plus énergique). Les animaux sensibilisés par une injection d'albumine auraient donc surtout des anticorps adaptés à la première catégorie de motifs antigéniques : d'où faible ou nulle réaction avec l'A. F. C. Au contraire, les animaux sensibilisés avec l'A. F. C. n'auraient que des anticorps adaptés au second type de motif antigénique : d'où réaction aussi bien avec l'albumine qu'avec l'A. F. C.

Ces deux explications des phénomènes observés ne s'excluent pas l'une l'autre, mais, au contraire, peuvent se compléter.

(1) J.-J. PÉREZ, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1181; J.-J. PÉREZ et C. SERGENT, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 204.

(2) La solution d'albumine à 5 % neutre et isotonique est additionnée de formol de façon à réaliser une concentration de 0,25 %. Après 16 h à la température du laboratoire, la solution est amenée à pH 7,2-7,3 avec de l'ammoniaque, puis chauffée 12 h à 100° en ampoule scellée.

(3) Dans la veine saphène externe préalablement dénudée.

(4) Même en injectant 5 cm³ d'A. F. C. alors qu'il suffit généralement de quantités dix fois moindre d'albumine pour déclencher une crise mortelle.

(5) Une explication s'appuyant sur la présence — à côté de l'A. F. C. — d'une impureté peu antigénique ou d'une trace d'albumine normale ne peut être retenue comme nous l'avons vu dans le cas des sérums précipitants (1).

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 10 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1956.

(*suite*).

Observations sur la proportion des sexes chez les anguilles des Lagunes littorales de l'Adriatique, par UMBERTO D'ANCONA. Extrait du 13e *Biologisch saarboek*, *Dodonœa*, 1946; 1 fasc. 23,5 cm.

Osservazioni e idee sulla determinazione del sesso, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal volume *Centro di studio per la Biologia*. Roma, 1946; 1 fasc. 24 cm.

Aspetti dell' organizzazione produttiva della pesca adriatica, par UMBERTO D'ANCONA. Venezia, 1947; 1 fasc. 21 cm.

Costanza e individualita dei cromosomi, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Scientia*. Anno 42, 1948; 1 fasc. 24 cm.

L'Intersessualità transitoria delle gonadi di alcuni Teleostei, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino di Zoologia*. Vol. XV, nos 1-2-3, 1948. Torino, Rosenberg et Sellier; 1 fasc. 24 cm.

Come si originano Le Specie, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali*. Vol. XLIX, 1948. Trieste; 1 fasc. 24,5 cm.

Ermafroditismo ed intersessualità nei teleostei, par UMBERTO D'ANCONA. Extrait du *XIIIe Congrès International de Zoologie* tenu à Paris du 21 au 27 juillet 1948. Paris, 1949; 1 fasc. 25 cm.

La Biologia nell' evoluzione del pensiero scientifico degli ultimi cento anni, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal volume : *Nel Centenario del quarantotto*. Padova, 1949; 1 fasc. 24 cm.

Corpi lutei nelle gonadi di teleostei ermafroditi, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino della Societa Italiana di Biologia sperimentale*. Vol. XXV, fasc. 6, 1949. Milano; 1 fasc. 24,5 cm.

Le dafnie di Nemi in un venticinquennio di osservazioni, par UMBERTO D'ANCONA e L. VOLTERRA D'ANCONA. Estratto dal volume : *Symposium sui fattori ecologici e genetici della speciazione negli animali*. Supplemento a *La Ricerca Scientifica*. 1949; 1 fasc. 24 cm.

Rilievi statistici sulla pesca nell' alto adriatico, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dell' *Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*. Anno 1949-1950, Tomo CVIII; 1 fasc. 24 cm.

Il differenziamento della gonade e l'inversione sessuale degli Sparidi, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Archivio di Oceanografia e Limnologia*. Anno VI, fasc. II-III, 1949. Trento, Tipografia Editrice Mutilati e invalidi, 1950; 1 fasc. 24,5 cm.

Ermafroditismo ed intersessualità nei Teleostei, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto de *Experientia*. Vol. V, 1949. Basel; 1 fasc. 29,5 cm.

L'opera di Giovanni Canestrini nella Zoologia del suo tempo, par UMBERTO D'ANCONA. Trento, 1950; 1 fasc. 24 cm.

Accrescimento nucleare e corredo cromosomico, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Monitore Zoologico Italiano*, supplemento al volume LIX. Firenze, Macri, 1951; 1 fasc. 23,5 cm.

Détermination et différenciation du sexe chez les poissons, par UMBERTO D'ANCONA. Extrait des *Archives d'Anatomie microscopique et de Morphologie expérimentale*. Paris, 1950; 1 fasc. 24 cm.

Il trofismo della Laguna Veneta e la vivificazione marina, par UMBERTO D'ANCONA, ARMANDO FAGANELLI, FULVIO RANZOLI. Estratto dagli : *Atti della Società Internazionale di Limnologia teorica ed applicata*. Vol. XI, 1951; 1 fasc. 24,5 cm.

Tentativi di deviazione sessuale in larve di Anfibi per mezzo di materiali gonadici adulti, par UMBERTO D'ANCONA et ARMANDO SABBADIN. Estratto dall' *Archivio Zoologico Italiano*. Vol. XXXVII, 1952. Torino, Rosenberg et Sellier; 1 fasc. 24 cm.

Territorial sexualization in the gonads of Teleosteans, par UMBERTO D'ANCONA. Extrait de *The Anatomical Record*. Vol. CXIV, nº 4, 1952; 1 fasc. 25,5 cm.

Limiti e ritmi dell' accrescimento animale, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Quaderno*, nº 28, 1952. Roma; 1 fasc. 26,5 cm.

Problemi di idrobiologia valliva, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalla Rivista : *Agricoltura delle Venezie*, 1953. Venezia, Fantoni et Cie ; 1 fasc. 23,5 cm.

Trattato di Zoologia, par UMBERTO D'ANCONA. Turin, 1953; 1 vol. 24,5 cm.

Biologia generale, par UMBERTO D'ANCONA. Padova, Cedam, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

Rapport sur les recherches effectuées dans les Lagunes et les « Valli » du haut Adriatique, par UMBERTO D'ANCONA. Extrait des *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. Vol. XII, 1954; 1 fasc. 27 cm.

Il trofismo della Laguna Veneta e la vivificazione marina, par UMBERTO D'ANCONA, A. FAGANELLI, F. RANZOLI et V. MARCHESONI. Estratto dall' *Archivio di Oceanografia e Limnologia*. Vol. IX, 1954. Venezia; 1 fasc. 29 cm.

The struggle for Existence, by UMBERTO D'ANCONA. Leiden, E. J. Brill, 1954; 1 fasc. 25 cm.

(à suivre.)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 OCTOBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

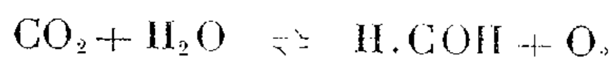
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTROCHIMIE. — *Sur la nature des nuages de Vénus.*

Note de M. **Alexandre Dauvillier.**

L'auteur suggère que ces nuages sont des fumées de nitrite d'ammonium, produites par l'action de la foudre sur l'azote humide contenu dans l'atmosphère de la planète.

La nature des nuages blancs de l'atmosphère de Vénus est demeurée énigmatique. Des cirri de glace sont exclus par la courbe de polarisation de B. Lyot et les spectres infrarouges de G. P. Kuiper montrant l'absence de glace, de vapeur d'eau et la seule présence de CO_2. L'hypothèse de R. Wildt, d'après laquelle il s'agirait d'un aérosol d'hydrates de polyoxyméthylène produit à partir de la réaction photochimique ultraviolette de D. Berthelot et H. Gaudechon :

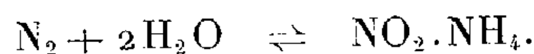


$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H.COH + O_2$$

n'a pas été confirmée par l'observation du spectre ultraviolet. En phase gazeuse et en présence d'un rayonnement solaire plus intense dans le proche ultraviolet, la photolyse l'emporte sur la synthèse. L'aldéhyde serait d'ailleurs aussitôt détruit par l'ozone produit. Enfin, l'oxygène et l'ozone ne sont pas apparents.

L'étude de l'origine des atmosphères planétaires ([1]) nous a conduit à admettre que toutes les planètes terrestres ayant pu retenir une atmosphère, devaient renfermer, outre le gaz carbonique et la vapeur d'eau, *l'azote cosmique*, mélange d'azote et des gaz rares, de Ch. Moureu et A. Lepape, issu de leur lithosphère. D'après les mesures de Kuiper, l'épaisseur du gaz carbonique, au-dessus de la couche nuageuse, serait de 1 km-atm. D'autre part, Lyot estimait l'atmosphère à 1,5 km-atm. Cet azote compterait donc pour 0,5 km-atm. La vapeur d'eau n'est pas apparente à cause de la basse température régnant au niveau de cette couche : — 40°C, d'après W. M. Sinton, ce qui correspondrait à une tension de vapeur saturante de 1/10e de millimètre de mercure.

Dans ces conditions, on peut suggérer que ces nuages sont formés de fumées blanches de nitrite d'ammonium produit selon la réaction de Thénard :



$$N_2 + 2H_2O \rightleftharpoons NO_2.NH_4.$$

Cette réaction endothermique a lieu sous l'influence d'étincelles, de l'effluve et de radiations plus courtes que 1450 Å dissociant N_2. En présence d'une abondante atmosphère de CO_2 absorbant les longueurs d'ondes plus courtes que 1800 Å, l'aérosol est produit par la foudre. Les récentes observations radioélectriques de D. Kraus, ont montré que Vénus était une source quasi-permanente d' « atmosphériques » sur $\lambda = 11$ m. La vapeur d'eau étant rare, ce brouillard, quoique opaque, est vraisemblablement *quasi-impondérable*. Le nitrite est stable en présence de CO_2 à $-40°C$, mais il se dissocie au niveau de l'isotherme $+50°C$ en régénérant l'azote et la vapeur d'eau. Il s'effectue ainsi un cycle permanent sous l'influence de la convection atmosphérique.

Ce fin brouillard a l'apparence des fumées de NH_4Cl produites en phase gazeuse. Si les cristaux de $NO_2.NH_4$ sont aussi petits que ceux de NH_4Cl, ils mesureraient, d'après J. J. Trillat 1/10e de micron. Comme ils sont très hygroscopiques, ils pourraient constituer les très fines gouttelettes décelées par Lyot, dont l'indice est voisin de celui de l'eau.

La vérification de cette hypothèse comprendra deux sortes d'observations : La recherche dans le spectre infrarouge de la planète des sels ammoniacaux : $(NH_4)^+$, doit montrer une faible bande à 3,2 μ. La forte bande à 7 μ serait masquée par l'absorption atmosphérique. Le spectre infrarouge a été relevé par Kuiper, au moyen de la cellule à sulfure de plomb, jusqu'à 2,6 μ. D'autre part, la mesure, au laboratoire de la polarisation et de l'intensité de la lumière diffusée, en fonction de l'angle de phase, par un ballon rempli de fumées de $NO_2.NH_4$ doit reproduire les courbes données par la planète.

Ces nuages ne paraissent pas pouvoir prendre naissance sur Mars, qui pourtant possède une atmosphère d'azote cosmique sous la pression de quelques centimètres de mercure, par suite de la trop faible tension de la vapeur d'eau prévenant aussi la formation d'orages.

On peut se demander pourquoi ces brouillards ne prennent pas naissance dans notre haute atmosphère par action photochimique? C'est à cause de l'absorption exercée par l'oxygène. Mais notre planète a dû, à l'origine, il y a 4.10^9 ans, présenter le même aspect que Vénus, avant l'apparition de la biosphère et de l'oxygène libre, le gaz carbonique demeurant dissous et combiné dans les océans refroidis. Ce phénomène n'a pas empêché la radiation solaire de 2 000-2 200 Å d'atteindre la surface de ces eaux et d'y produire la synthèse d'abondantes matières organiques ternaires et quaternaires, comme nous l'avons montré avec E. Desguin (2).

(1) A. Dauvillier, *L'origine des planètes*, 1 vol., 224 pages, Paris, P. U. F., 1956.

(2) E. Desguin et A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 294.

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — *Préparation simultanée de calcium et de silico-aluminium.* Note (*) de MM. **Jean-Lucien Andrieux** et **Étienne Bonnier.**

Depuis les travaux de G. Chaudron et J. Hérenguel [(1) à (3)], la préparation du calcium par distillation de ses alliages, sous vide, a été plusieurs fois envisagée industriellement [(2) à (4)], en particulier à partir d'alliages obtenus couramment par électrothermie, tels que les silicocalcium. On a constaté que de fortes affinités intermétalliques dans de tels alliages limitent l'extraction du calcium par distillation; pour les vaincre, il faudrait atteindre une température telle que le second constituant de l'alliage fût partiellement vaporisé.

On a proposé (5), dans des cas semblables, de déplacer le métal à distiller par l'addition d'un troisième constituant présentant une forte affinité pour le métal allié au calcium et possédant une faible tension de vapeur par rapport à celle du calcium.

Spéculant sur l'accroissement des activités des constituants d'un mélange par augmentation de sa complexion, nous avons essayé de préparer le calcium en chauffant, sous vide, des mélanges de silicocalcium et d'aluminocalcium (6).

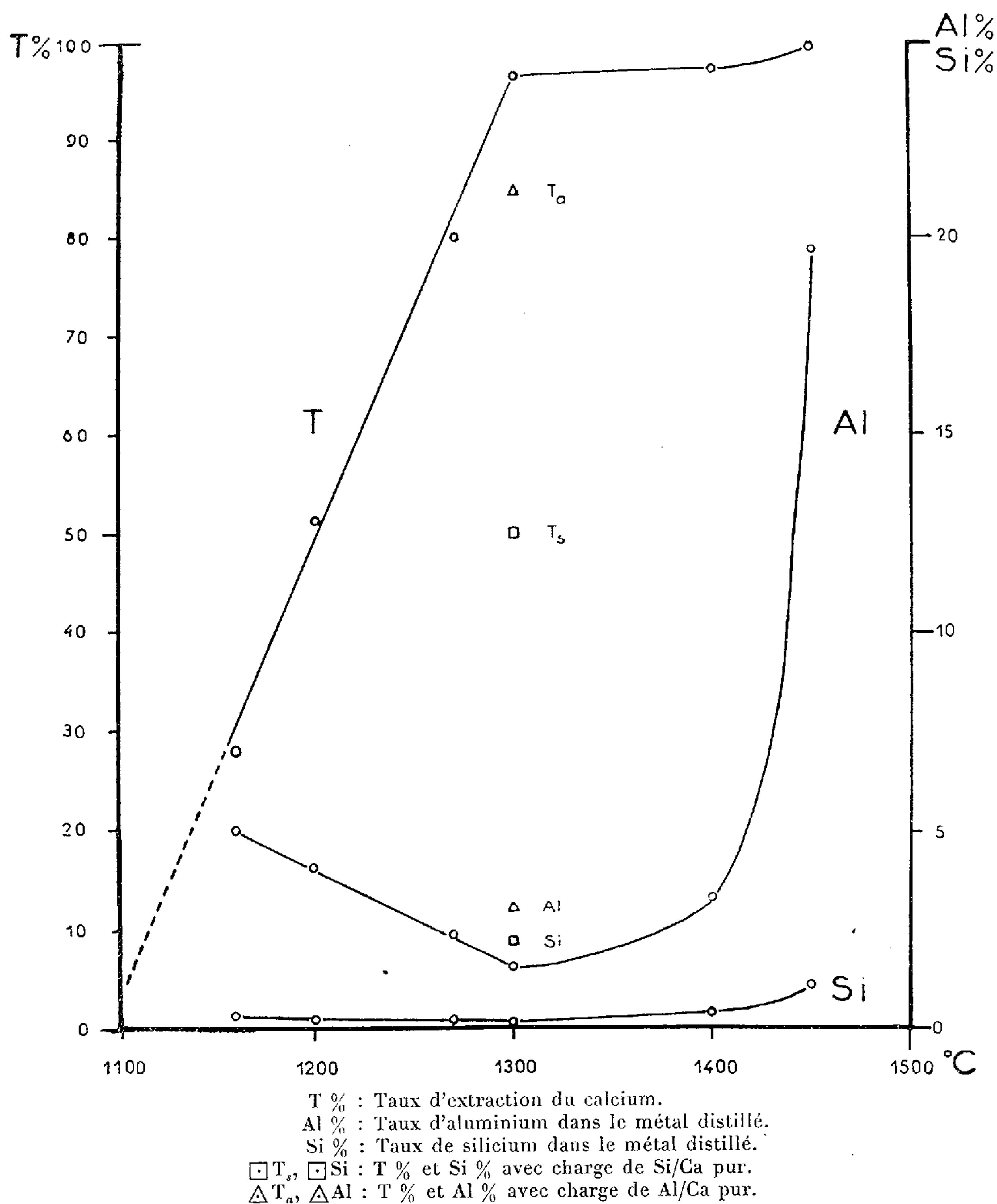
Cette méthode nous a permis d'obtenir simultanément, outre un alliage homogène de silicoaluminium, du calcium condensé (7) de pureté comparable à celui que fournit le procédé de réduction aluminothermique sous vide de la chaux (8), (9), avec un rendement voisin de 98 %. Dans les mêmes conditions, les distillations séparées des deux types d'alliages, silicocalcium ou aluminiumcalcium, ne conduisent qu'à de faibles taux d'extraction et à des pourcentages d'impuretés beaucoup plus élevés.

Nos essais ont porté sur des charges de 50 g que nous avons chauffées à 1500° C, sous une pression de l'ordre de 0,1 μ de mercure, dans le four à résistance de molybdène déjà décrit par ailleurs (11).

Tableau I.

	Composition de la charge.				Condensat.		Alliage résiduel.		
	Alliages de base.	Poids (g).	Temp. (°C).	Pression (μ de Hg).	Poids (g).	Impuretés (%).	Poids (g).	Calcium retenu (%).	Taux d'extraction du calcium (%).
1.	Al/Ca à 17,0 % Ca... Si/Ca à 30,5 % Ca...	32..... 18.....	1300	0,2	10,5	Al 1,60 Si 0,17	38,5	1,12	96,5
2.	Al/Ca » ... Si/Ca » ...	20..... 30.....	1320	0,2	10,0	Al 1,1 Si 0,53	38,0	5,20	84,0
3.	Al/Ca » ... Si/Ca » ...	16,5.... 43,5....	1320	0,2	9,8	Al 0,93 Si 1,75	39,1	11,1	69

Pour un type de charge déterminée correspondant à l'exemple 1 du tableau I, nous avons étudié l'influence de la température sur le taux d'extraction du calcium d'une part, et, d'autre part, sur les teneurs en impuretés (aluminium et silicium) du métal distillé. Les résultats de cette étude, rassemblés dans la figure 1, montrent que la température optimum est de l'ordre de 1300 ± 20° C et qu'alors la pureté du calcium est la plus grande. En effet, pour les températures inférieures, les impuretés Al et Si sont vraisemblablement apportées en presque totalité par des fractions hors d'équilibre des alliages de départ, donc en quantité constante lorsque



T % : Taux d'extraction du calcium.
Al % : Taux d'aluminium dans le métal distillé.
Si % : Taux de silicium dans le métal distillé.
⊡T_s, ⊡Si : T % et Si % avec charge de Si/Ca pur.
△T_a, △Al : T % et Al % avec charge de Al/Ca pur.

demeurent constants le poids et la composition de la charge et leurs proportions dans le métal condensé sont d'autant plus fortes que celui-ci est moins abondant. Aux températures supérieures, à ces impuretés constantes s'ajoutent les fractions, très rapidement croissantes avec l'élévation de température, des métaux en équilibre avec le calcium dans la phase vapeur.

Nous indiquons de plus, dans la figure 1, les résultats de distillations effectuées dans des conditions strictement identiques, de charges comportant 100 % de l'un ou de l'autre des alliages de base. On peut remarquer en particulier que le traitement du silicocalcium fournit, avec un taux d'extraction voisin de 50 %, un métal contenant environ douze fois plus de silicium que celui obtenu à la même température à partir du mélange ternaire.

On peut évidemment faire varier les compositions des alliages de base ainsi que leurs proportions respectives dans le mélange. Nous en avons volontairement limité le choix à ceux que fournissent les procédés industriels actuels : l'aluminocalcium obtenu par réduction aluminothermique de la chaux à la pression ordinaire, le silicocalcium provenant de la réduction électrothermique de la silice par le carbone et le carbure de calcium.

Quant aux proportions relatives de ces alliages dans la charge, nous les avons fait varier dans de larges mesures et avons constaté que l'augmentation de la proportion de silicocalcium abaisse le taux d'extraction du calcium tout en diminuant la teneur en aluminium dans celui-ci et élève très rapidement le taux de silicium distillé. Les exemples 2 et 3 donnés dans le tableau I sont assez suggestifs à cet égard.

En conclusion, le traitement simultané d'alliages silicium-calcium et aluminium-calcium par distillation sous vide à 1300° C fournit un métal condensé de pureté comparable à celui que donnent les meilleurs procédés industriels de réduction aluminothermique sous vide et un résidu utilisable pour la préparation des alliages légers de fonderie.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) *Publ. sc. tech. Minist. Air*, **93**, 1936, p. 1-62.

(2) E. DROUILLY, Brevet français n° **789.436**, 29 octobre 1935.

(3) J. HÉRENGUEL, *Chim. Ind.*, **31** (4), 1934, p. 701-703.

(4) J. O. HANAVALT et coll., Dow Chemical Co., U. S. P., nos **2.122.466** et **2.122.419**, 1936-1938.

(5) W. J. KROLL, Brevet français n° **811.487**, 15 avril 1937.

(6) Récemment (10) A. Chrétien, W. Freundlich et A. Deschanvres ont montré l'existence des composés ternaires $Ca_2Al_4Si_3$ et $Ca_3Al_6Si_2$ et observé la dissociation partielle du premier à partir de 1200° C, celle du second étant totale à cette température.

(7) J.-L. ANDRIEUX et E. BONNIER, Brevet français n° P. V. **700.180**, 5 octobre 1955.

(8) L. H. PIDGEON et S. A. MAC CATTY, B. P. n° **602.062**, 1948.

(9) Société Électrométallurgique du Planet. Brevet français nº 938.230, 1950 et nº 1.004.466, 1952.

(10) A. Chrétien, W. Freundlich et A. Deschanvres, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1781 et 242, 1956, p. 784.

(11) E. Bonnier, *Soc. Chim. Fr.* (section Grenoble, 16 décembre 1955).

M. **Abilio Fernandes** adresse en hommage à l'Académie trois tirages à part de ses travaux de botanique.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Pierre Pruvost** :

La constitution géologique et la structure des Antilles, par Jacques Butterlin. Préface de Louis Barrabé.

COMMISSION.

Par la majorité des suffrages, MM. **Louis de Broglie**, **Gaston Julia**, **Gustave Ribaud**, pour la Division des Sciences mathématiques et physiques, **Louis Blaringhem**, **Paul Pascal**, **Paul Fallot**, pour la Division des Sciences chimiques et naturelles, sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Léon Binet** et **Robert Courrier** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies du Souvenir organisées par la **Fédération Nationale des Médecins du Front**, qui auront lieu le 11 novembre à la Faculté de Médecine de Paris et le 18 novembre, au Val-de-Grâce, à Paris.

CORRESPONDANCE.

MM. **Jean-Lucien Andrieux**, **Pierre Dangeard** et **Léon Moret** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Cahiers scientifiques. Fascicule XXIII. *Produits d'inversions et métrique conforme*, par René Lagrange ;

2° ÉTIENNE VASSY. *Physique de l'atmosphère*. Tome I. *Phénomènes d'émission dans l'atmosphère* ;

3° *Bulletin du Laboratoire du Musée du Louvre*. 1re Année, n° 1. Supplément de la *Revue des Arts*, publié sous les auspices du Conseil des Musées nationaux ;

4° *Industries atomiques*. Revue mensuelle, n° 1 ;

5° *Bulletin du Centre d'études et de Recherches scientifiques* (Biarritz). Tome I, fascicule 1 ;

6° OCTAVIO AUGUSTO MEJIA, RICART Y GUZMAN. *Teoria metabolica del desarollo del sexo* ;

7° Académie des sciences de l'U. R. S. S. *Referaty naoutchno-issledovatel'skikh rabot za 1945 g. Otdelenie fisico-matematitcheskikh naouk*.

LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — *Formalisation du calcul propositionnel implicatif à m valeurs de Łukasiewicz*. Note (*) de M. **ALAN ROSE**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il a été démontré (1) qu'une formalisation, saturée au sens faible, du calcul propositionnel implicatif à $\aleph_0$ valeurs de Łukasiewicz, est donnée par la règle du *modus ponens* et les quatre schémas d'axiomes ci-après :

A 1 $$P \to (Q \to P);$$

A 2 $$(P \to Q) \to ((Q \to R) \to (P \to R));$$

A 3 $$P \vee Q \to Q \vee P;$$

A 4 $$(P \to Q) \vee (Q \to P).$$

On définit l'alternation par

$$P \vee Q =_{\mathrm{df}} (P \to Q) \to Q.$$

L'objet de cette Note est de démontrer qu'en ajoutant un schéma d'axiomes à ce qui précède on obtient une formalisation, saturée au sens faible, du calcul implicatif à m valeurs.

On définit les foncteurs $\underset{i}{\to}$ $(i = 1, 2, \ldots)$ par

$$P \underset{1}{\to} Q =_{\mathrm{df}} P \to Q, \qquad P \underset{i+1}{\to} Q =_{\mathrm{df}} P \to (P \underset{i}{\to} Q) \qquad (i = 1, 2, \ldots).$$

Le schéma supplémentaire est alors

A 5 $$\left(P \underset{m-1}{\to} Q\right) \vee P.$$

Schröter a démontré (2) qu'une formalisation, saturée au sens faible, est donnée par A 1 — A 3 avec

A 5 S $$\left(P \to \left(\left(\left(\left(\left(R \underset{m}{\to} S\right) \to \left(R \underset{m-1}{\to} S\right)\right)\right) \to Q\right) \to P\right) \to Q\right)\right) \to (P \to Q),$$

mais le schéma A 5 S est beaucoup plus long que les deux schémas A 4 et A 5 réunis et n'est pas « organique ».

Il est vrai qu'on pourrait abréger A 5 S, en remplaçant la sous-formule

$$\left(R \underset{m}{\to} S\right) \to \left(R \underset{m-1}{\to} S\right) \qquad \left[\text{c'est-à-dire } R \vee \left(R \underset{m-1}{\to} S\right)\right],$$

par

$$\left(\left(R \underset{m-1}{\to} S\right) \to R\right) \to R \qquad \left[\text{c'est-à-dire } \left(R \underset{m-1}{\to} S\right) \vee R\right].$$

Cela peut se faire au moyen du schéma A 3, puisque la règle de la substitutivité de l'équivalence est dérivable des schémas A 1 — A 3 ([3]). Cette fois encore, cependant, le schéma d'axiomes qui en résulte n'est pas « organique » et demeure un peu plus long que les schémas A 4 et A 5 réunis.

Notons d'abord que le schéma A 5 est du genre ([4]); $\{1, 2, \ldots, m-1\}$. Mais les schémas A 1 — A 4 avec le schéma

A 6 $$(\bar{P} \to \bar{Q}) \to (Q \to P)$$

donnent une formalisation ([5]), saturée au sens faible, du calcul à $\aleph_0$ valeurs ayant comme foncteurs primitifs l'implication et la négation. On peut donc déduire ([6]) des schémas A 1-A 6 toutes les formules du genre $\{\alpha_1, \ldots, \alpha_k; \alpha_{k+1}, \ldots, \alpha_n\}$ $(n \geq m-1)$, où $0 \leq k \leq n$ et $\alpha_1, \ldots, \alpha_n$ sont des nombres entiers tels que $1 \leq \alpha_i \leq n$ $(i = 1, \ldots, n)$. Alors, comme dans la démonstration de la saturation de notre formalisation du calcul à $\aleph_0$ valeurs ([7]), on peut démontrer que toutes les formules de ces genres du calcul implicatif sont dérivables des schémas A 1-A 5. Mais, si $M > m$, l'ensemble des formules du calcul à M valeurs qui prennent la valeur 1 exclusivement est un sous-ensemble de l'ensemble des formules du calcul à m valeurs qui, elles aussi, prennent la valeur 1 exclusivement. Notre formalisation est donc saturée.

(*) Séance du 11 juin 1956.

(1) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1183.

(2) *Z. Math. Logik*, **1**, 1955, p. 241. La démonstration doit paraître à une date ultérieure.

(3) Ceci sera démontré dans un Mémoire de l'auteur et de J. B. Rosser (à paraître prochainement).

(4) Pour la définition du genre voir *J. London Math. Soc.*, **28**, 1953, p. 176.

(5) *Voir* la note (3).

(6) *Voir* la note (4).

(7) *Voir* la note (1). Le seul changement à faire est, pour le cas $\mu = 0$, de considérer A 5. La méthode pour A 5 est la même que pour A 1-A 4.

ALGÈBRE. — *Un exemple concernant les groupes de divisibilité.*

Note (*) de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Henri Villat.

Exemple d'un groupe abélien filtrant qui ne peut pas être groupe de divisibilité d'un corps relativement à un ordre de ce corps.

Appelons *normal* tout groupe abélien ordonné qui peut être réalisé comme

sous-groupe (ordonné) d'une somme directe ordonnée de groupes tous isomorphes au groupe des entiers ordinaires, c'est-à-dire tout sous-groupe d'un groupe décomposable.

Pour qu'un groupe abélien ordonné G soit normal, il faut et il suffit que ses t-idéaux forment un groupe Δ (relativement à la t-multiplication) ([1]). Le groupe Δ, qui est décomposable, sera dit *groupe des diviseurs* de G. En identifiant tout élément a de G au t-idéal $(a)_t$, on peut considérer G comme sous-groupe ordonné de Δ. Tout élément de Δ est alors de la forme $\inf(a_1, \ldots, a_n)$ avec $a_i \in G (1 \leq i \leq n)$. Réciproquement, si le groupe normal G est plongé dans un groupe décomposable Δ' de telle sorte que tout élément de Δ' soit de la forme $\inf(a_1, \ldots, a_n)$ avec $a_i \in G (1 \leq i \leq n)$, on peut considérer que Δ' est le groupe des diviseurs de G en identifiant l'élément $\inf(a_1, \ldots, a_n)$ de Δ' au t-idéal $(a_1, \ldots, a_n)_t$.

Le groupe des diviseurs Δ du groupe normal G peut se mettre d'une manière et d'une seule ([2]) sous la forme $\mathbf{Z}^{(I)}$ (groupe additif ordonné des fonctions à valeurs entières définies sur l'ensemble I et nulles « presque partout » c'est-à-dire sur le complémentaire d'un sous-ensemble fini de I). A tout élément ι de I on associe l'application $v_\iota : a \to a(\iota)$ de G dans l'ensemble $\mathbf{Z}$ des entiers ordinaires. Ces applications $(v_\iota)_{\iota \in I}$ seront dites les *valuations essentielles de* G. Ceci posé, on montre immédiatement à partir de la définition des t-idéaux le :

Théorème 1. — *Soient d un diviseur de* G *et α un élément de* I. *Il existe un élément x de* G *tel que l'on ait $v_\alpha(x) = d(\alpha)$ et $v_\iota(x) \geq d(\iota)$ pour tout $\iota \in$ I.*

Supposons maintenant que le groupe normal G soit groupe de divisibilité d'un corps K par rapport à un ordre A de ce corps (A est un *anneau normal* « endliche diskrete Hauptordnung » dans la terminologie de Krull).

On a alors le théorème plus précis suivant ([3]) :

Théorème 2. — *Si* G *est le groupe de divisibilité d'un anneau normal,* J *un sous-ensemble fini de* I *et d un diviseur de* G, *il existe un élément x de* G *tel que $v_\iota(x) = d(\iota)$ pour tout $\iota \in$* J *et $v_\iota(x) \geq d(\iota)$ pour tout $\iota \in$* I.

Soient maintenant $I = (1, 2)$ un ensemble à deux éléments, $\Delta = Z^{(I)}$ et G le sous-groupe de Δ formé par tous les éléments x de G tels que

$$x(1) + x(2) \equiv 0 \pmod 2.$$

Tout élément de Δ étant de la forme $\inf(a_1, a_2)$ avec $a_1, a_2 \in G$, on voit que Δ est le groupe des diviseurs du groupe normal G. Celui-ci a deux valuations essentielles v_1 et v_2. Par définition il n'y a pas d'élément x de G tel que $v_1(x) = 1$ et $v_2(x) = 0$. Le théorème 2 montre donc que *le groupe abélien filtrant* G *ne peut être groupe de divisibilité d'un corps relativement à un ordre de ce corps.*

Rappelons que tout groupe abélien réticulé peut être considéré comme un groupe de divisibilité ([4]).

Le problème se pose de caractériser de façon intrinsèque les groupes abéliens filtrants qui peuvent être groupes de divisibilité.

(*) Séance du 22 octobre 1953.

(1) P. LORENZEN, *Math. Zeit.*, 45, 1939, p. 533-553.

(2) P. JAFFARD, *Journ. Math. pures et appl.*, **32**, 1953, p. 238, th. 3.

(3) *Voir* par exemple : P. SAMUEL, *Commutative Algebra*, p. 79, th. 4.

(4) *Voir* P. JAFFARD, *loc. cit.*, p. 265. Ce résultat avait déjà été démontré par Krull dans le cas d'un groupe totalement ordonné.

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Sur l'allure à la frontière des fonctions harmoniques positives.* Note de Mlle **LINDA NAÏM**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Étude à la frontière de Martin du quotient par h (fonction harmonique > 0 fixée) d'une fonction harmonique positive ou quelconque, en particulier de la solution $\mathcal{D}_{f,h}$ d'un problème de Dirichlet généralisé et comparaison avec le quotient de la fonction de Green par h.

1. Soit dans un espace de Green Ω de frontière de Martin Δ, une fonction harmonique $h > 0$.

Soit Q *un point minimal où* $\limsup_{M \to Q} G_{P_0}(M)/h(M) > 0$ (G_{P_0}, fonction de Green de pôle fixé $P_0 \in \Omega$); pour toute fonction v surharmonique > 0 dans Ω, on sait que v/G_{P_0} admet en Q une pseudo-limite > 0, finie ou $+\infty$, égale à $\liminf_{M \to Q} v(M)/G_{P_0}(M)$ (1), et on en déduit que v/h admet en Q une pseudo-limite > 0.

Dans le cas particulier de la solution du problème de Dirichlet (2), on peut préciser ce résultat selon le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *Si f sur Δ est $\geqq 0$ et h-résolutive, $\mathcal{D}_{f,h}/h$ admet en* Q *une pseudo-limite > 0 finie ou non, égale à $\int f d\mu^Q$, où μ^Q est une mesure de Radon positive sur Δ, indépendante de f. Il y a identité des ensembles de mesure nulle pour μ^Q et pour la mesure μ canonique associée à h, et la sommabilité-$d\mu^Q$ entraîne la sommabilité-$d\mu$ ou h-résolutivité.*

Extension. — Si f est h-résolutive et sommable-$d\mu^Q$ au sens large, $\mathcal{D}_{f,h}/h$ admet en Q une pseudo-limite égale à $\int f d\mu^Q$.

Définition 1 (M. Brelot). — Un filtre $\mathcal{F}$ sur Ω convergeant vers le point Q est dit *h-maximal* si $G_{P_0}/h \underset{\mathcal{F}}{\to} \limsup_{M \to Q} G_{P_0}/h > 0$.

La propriété de pseudo-limite rappelée plus haut permet alors de démontrer le

THÉORÈME 2. — *Soit dans l'espace de Green Ω, u harmonique > 0; si u/h est bornée, elle admet selon tout filtre h-maximal convergeant vers* Q *une limite égale à sa pseudo-limite en* Q.

En particulier, pour toute suite $M_n \to Q$ *telle que*

$$\frac{G_{P_0}(M_n)}{h(M_n)} \to \limsup_{M \to Q} \frac{G_{P_0}}{h}$$

(*suite h-maximale*), $u(M_n)/h(M_n)$ *tend vers la pseudo-limite de* u/h *en* Q.

C'est là l'extension à un espace de Green Ω, au point Q minimal considéré et pour une fonction h quelconque harmonique > 0 dans Ω, d'un résultat obtenu par M. Brelot ([3]) pour un point-frontière irrégulier d'un domaine euclidien et $h = 1$.

Remarque. — Le théorème est encore valable si u est seulement définie dans un voisinage de Q, ou dans un domaine Ω_ε, ensemble des points où

$$\frac{G_{P_0}}{h} > \varepsilon > 0, \qquad \text{avec} \quad \varepsilon < \limsup_{M \to Q} \frac{G_{P_0}}{h}.$$

2. Soit Ω un espace de Green partout dense dans un espace compact métrisable $\overline{\Omega}$, et de frontière $\Gamma = \overline{\Omega} - \Omega$. Soit h harmonique > 0 dans Ω.

Si un filtre $\mathcal{F}$ sur Ω convergeant vers un point-frontière Q est *h-régulier* ([2]), on sait que

$$\limsup_{\mathcal{F}} \frac{1}{h} \overline{\mathcal{D}}_{f,h} \leq \limsup \text{ de } f \text{ en } Q,$$

pour toute fonction f *bornée supérieurement sur* Γ. Mais si f n'est bornée supérieurement qu'au voisinage de Q, cette inégalité peut ne plus avoir lieu ([4]), et cela conduit à la définition suivante :

Définition 2. — Un filtre $\mathcal{F}$ sur Ω convergeant vers un point-frontière Q sera dit *h-indépendant* si pour toute fonction f sur Γ, *bornée supérieurement au voisinage de* Q, et telle que $\overline{\mathcal{D}}_{f,h} < +\infty$, on a

$$\limsup_{\mathcal{F}} \frac{1}{h} \overline{\mathcal{D}}_{f,h} \leq \limsup \text{ de } f \text{ en } Q.$$

Un point-frontière Q sera dit *h-indépendant* s'il en est ainsi du filtre trace sur Ω du filtre des voisinages de Q.

Il résulte d'un exemple de G. Choquet que l'ensemble des points-frontière non h-indépendants *n'est pas* en général h-négligeable (c'est-à-dire de h-mesure harmonique nulle), mais nous allons voir que *l'hypothèse* $\mathcal{C}_h$ *relative à* $\overline{\Omega}$ *entraîne l'existence dans* Ω *d'une famille de filtres h-indépendants vérifiant la condition* A_h *de l'ancienne axiomatique étendue* (*et même la seconde condition* B_h).

Soit $\mathcal{F}_h$ le filtre formé des ensembles $E \subset \Omega$ sur lesquelles l'extrémale de h est un potentiel de Green, condition qui équivaut à ce que les points de non-effilement de Ω-E forment, sur la frontière de Martin, un ensemble h-négligeable.

Pour tout potentiel de Green v de masses ≥ 0 dans Ω, $(v/h) \underset{\mathcal{F}_h}{\to} > 0$.

Sous l'hypothèse $\mathcal{A}_h$, on démontre que l'adhérence de $\mathcal{F}_h$ dans $\overline{\Omega}$ est identique à l'ensemble des points-frontière en lesquels h n'est pas associée à o (⁵) (support compact de la h-mesure harmonique sur Γ), ce qui permet d'associer à chacun de ces points Q un filtre $\mathcal{F}'_h$ plus fin que $\mathcal{F}_h$ convergeant vers Q, et formé des ensembles $\alpha \cap E$, où α est un voisinage de Q et $E \in \mathcal{F}_h$.

Dans tout ce qui suit, on supposera l'axiome $\mathcal{A}_h$ vérifié.

Théorème 3. — *Si u harmonique > 0 dans Ω est associée à o en Q, u/h tend vers zéro selon le filtre $\mathcal{F}'_h$ convergeant vers Q.*

Si l'axiome $\mathcal{A}_u$ est vérifié, u est dans un voisinage de Q égale à un potentiel de Green, d'où $(u/h) \underset{\mathcal{F}'_h}{\to} 0$. On passe au cas de u quelconque grâce à une caractérisation de certaines fonctions harmoniques positives, qui généralisent les fonctions harmoniques « singulières » de Parreau (cas $h=1$) (⁶) :

Théorème 4. — *Soit u harmonique > 0 dans Ω; pour que* $\inf(u, h)$ *soit un potentiel de Green, il faut et il suffit que u/h admette, à la frontière de Martin, une pseudo-limite nulle sauf sur un ensemble h-négligeable, ou, ce qui est équivalent, que u/h tende vers zéro selon $\mathcal{F}_h$.*

Corollaire du Théorème 3. — *Le filtre $\mathcal{F}'_h$ convergeant vers Q est h-indépendant et fortement h-régulier* (²).

Cette dernière propriété entraîne la condition B_h, et A_h est vérifiée d'après le

Théorème 5. — *Si u sousharmonique dans Ω satisfait à : u/h bornée supérieurement et* $\limsup u/h \leq 0$ *selon tout filtre $\mathcal{F}'_h$, alors $u \leq 0$.*

La démonstration utilise l'application Φ d'une partie de la frontière de Martin dans Γ, définie à l'aide de la notion de *pôle* d'une fonction minimale, et le principe du maximum établi dans une Note antérieure (⁷).

Extension. — Le résultat subsiste si l'on excepte des filtres $\mathcal{F}'_h$ dont les points de convergence forment un ensemble faiblement h-négligeable (relativement à $\overline{\Omega}$).

On en déduit par exemple que les enveloppes fondamentales $\underline{\mathcal{D}}_{f,h}$, $\overline{\mathcal{D}}_{f,h}$ restent les mêmes lorsque les conditions-frontière sont prises selon les filtres $\mathcal{F}'_h$.

(¹) L. Naïm, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1907, où cette propriété a été plus généralement établie pour *tout* point minimal.

(²) Pour les résultats concernant le problème de Dirichlet, utilisés dans cette Note, *voir* M. Brelot, *J. Math. pures et appl.*, 35, 1956, p. 297-335.

(³) M. Brelot, *Journal d'Analyse Math. de Jérusalem*, 4, 1954-1956, p. 209-221.

(⁴) M. Brelot, *Bull. Sc. Math.*, 79, 1945, où cette « action à distance » dans le problème de Dirichlet a été mise en évidence par divers exemples donnés dans le cas $h=1$, pour un domaine de R^{τ} et un point de sa frontière euclidienne.

(⁵) Rappelons qu'une fonction u harmonique > 0 dans Ω est dite associée à o en un point-frontière Q s'il existe un voisinage α de Q tel que u soit invariante par extrémisation sur $\alpha \cap \Omega$.

(⁶) M. Parreau, *Ann. Inst. Fourier*, 3, 1952, p. 103-197.

(⁷) L. Naïm, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1107.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur la méthode de Graeffe.*
Note de M. **Constantin Orloff**, présentée par M. Georges Darmois.

Simplification de la méthode de Graeffe au moyen des spectres mathématiques [1] de M. Petrovitch, qui réduit le nombre des opérations et assure la rapidité du calcul.

Le but de ce travail est de simplifier l'application de la méthode de Graeffe pour l'évaluation numérique des racines d'équations algébriques par la méthode spectrale. On simplifie de cette manière la transformation d'une équation algébrique, en celle aux racines qui sont les carrés des racines de l'équation donnée, en diminuant le nombre des opérations nécessaires.

On y réussit grâce au théorème suivant.

Théorème. — *Soit donnée l'équation*

(1) $$P(x) \equiv a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n = 0,$$

a_i étant des nombres entiers. Formons les spectres ordinaires [2], S, *et corrigé* [3], $\bar{S}$, *de cette équation, qui s'expriment respectivement par les formules*

(2) $$S = P(10^h), \qquad \bar{S} = (-1)^n P(-10^h),$$

le rythme uniforme h étant défini par les relations suivantes :

(3) $$h = \left[\log a + \frac{1}{2}\log 2(n+1)\right] + 1; \qquad a = \text{Max.}|a_i|.$$

Désignant par S_1 le spectre ordinaire, au rythme uniforme 2h, de l'équation transformée, admettant comme racines les carrés des racines de l'équation (1); *S_1 s'exprime par le produit*

$$S_1 = S.\bar{S}.$$

La méthode spectrale est basée sur le théorème qui vient d'être formulé.

Les spectres des équations sont en relation *biunivoque* avec les équations correspondantes (le rythme h étant fixé) et représentent complètement les équations ainsi que toutes leurs propriétés [2].

Il est aisé, par conséquent, au lieu de transformer consécutivement les équations, de transformer leurs spectres, au moyen de la formule (4), et l'on obtient ainsi les spectres ordinaires $s_1, s_2, \ldots, s_k$. A ce dernier spectre S_k correspond la $k^{\text{ième}}$ transformée de l'équation (1), laquelle s'obtient aisément de S_k [2], sans connaître les équations transformées intermédiaires.

Nous n'insistons pas ici sur les méthodes connues les plus économiques pour obtenir les spectres [2], ainsi que sur la manière de diminuer la valeur du rythme [3], pour éviter le redoublement de ce dernier avec chaque transformation.

Il est bien connu qu'une transformation de Graeffe de l'équation (1) exige : 1° $[(n+2)^2/4]$ multiplications entre les coefficients; 2° $[n^2/4]$ multiplications par le nombre 2; 3° $[n^2/4]$ additions ou soustractions.

La méthode spectrale exposée réalise, pour n'importe quel n, la transformation en question au moyen : 1° *d'une seule multiplication* entre les spectres; 2° *d'une seule multiplication* par le nombre 2; 3° de trois additions ou soustractions au plus.

La méthode exposée, outre l'intérêt théorique, assure *la rapidité du calcul*, en se servant d'une machine à calculer. Les autres avantages de la méthode sont les suivants : 1° le schéma du calcul est d'une grande simplicité; 2° les cas des erreurs des calculateurs deviennent plus rares; 3° le contrôle de calcul devient plus simple, car au lieu de contrôler chaque coefficient, on contrôle d'un coup tous les coefficients.

Le fait que les coefficients a_i doivent être des nombres entiers, ou décimaux, n'apporte aucune restriction pratique, car les coefficients irrationnels sont toujours remplacés par leurs valeurs approchées.

Le temps, épargné par la réduction du nombre d'opérations, ne se perd point pour la formation des spectres. En effet, il n'est pas nécessaire d'écrire les spectres, car leurs valeurs se mettent immédiatement à la machine à calculer, et le résultat obtenu s'écrit directement en forme de l'équation correspondante.

Observons qu'il pourrait quelquefois être pratique de combiner la méthode spectrale avec la méthode algébrique classique en n'employant la première que pour faire quelques premières transformations.

La méthode spectrale est également applicable au *calcul des zéros de certaines fonctions transcendantes*, par exemple de celles qui sont représentables par les séries de Taylor.

(1) C. Orloff, *Revue scientifique*, n° 3324, juillet-décembre 1953, Paris, p. 243-247.

(2) C. Orloff, *The fundamentals of practical spectral arithmetic and algebra*. Edition de *Libertatea*, Vršac, Jugoslavia, 1955.

(3) C. Orloff, *Les éléments de l'arithmétique et de l'algèbre spectrales pratiques* (en serbo-croate). Édition de la Société des mathématiciens et physiciens de Serbie, Beograd, 1955.

STATISTIQUE. — *Sur une propriété des distributions statistiques des durées de vie à la fatigue*. Note de M. **François Bastenaire**, présentée par M. Georges Darmois.

L'absence de reproductibilité des essais de fatigue a déjà conduit quelques chercheurs à étudier les distributions statistiques des durées de vie liées à des conditions d'essai données (1), (2), (3).

On sait que la durée de vie, qui dépend, entre autres facteurs, de l'amplitude

de la contrainte périodique appliquée, varie beaucoup d'un essai à l'autre, même pour une amplitude et pour des conditions expérimentales données. Ses variations aléatoires peuvent être représentées par une distribution statistique et la probabilité p pour qu'une éprouvette rompe avant N cycles peut être exprimée par une fonction de deux variables : l'amplitude S de la contrainte et la durée N de l'essai exprimée en cycles. Soit donc :

$$p = F(S, N), \tag{1}$$

cette fonction, que nous supposerons partout dérivable en S et N.

Tandis que, quelle que soit une durée d'essai N donnée, on peut toujours choisir S de façon à donner à p une valeur aussi voisine que l'on veut de l'unité, l'expérience montre que pour tout un domaine de valeurs de S, connu sous le nom de zone d'endurance, la probabilité de rupture ne tend pas vers l'unité, même si la durée de l'essai augmente indéfiniment. Cela revient à dire que les fonctions de répartition de S tendent, lorsque $N \to \infty$, vers une forme limite qui ne se réduit pas à un saut brusque. C'est pourquoi nous admettrons que la densité de probabilité $\partial F/\partial S$ ne tend pour ces valeurs de S, ni vers l'infini, ni vers zéro.

On peut appeler courbes d'isoprobabilité, les courbes d'équation

$$F(S, N) = \text{const.}$$

pour lesquelles on a proposé [1], [3], les équations empiriques suivantes convenant assez bien

$$S - E = A(N - U)^{-c} \qquad (E \geqq 0,\ U \geqq 0,\ S \geqq E,\ N \geqq U) \tag{2}$$

(E, A, U et c sont des paramètres pouvant *a priori* tous dépendre du niveau de probabilité p choisi).

D'après nos hypothèses, on peut choisir arbitrairement à l'intérieur de la zone d'endurance une valeur S_0 de S, telle que $(\partial F/\partial S)_{S_0,N}$ ne tende pas vers zéro quand $N \to \infty$ et que la probabilité

$$p_0 = \lim_{N \to \infty} F(S_0, N)$$

ne soit ni nulle, ni égale à 1.

Nous admettrons que les paramètres E, A, U et c des courbes d'isoprobabilité sont tous des fonctions continues et dérivables de la variable p, au moins au voisinage de $p = p_0$.

En ce qui concerne leurs valeurs E_0, A_0, U_0 et c_0 pour $p = p_0$, nous rejetterons les hypothèses $A_0 = 0$; $c_0 = 0$, parce qu'en contradiction avec la décroissance des fonctions d'isoprobabilité, et $U_0 = \infty$ parce qu'incompatible avec l'existence d'une isoprobabilité p_0 répondant à l'équation (2).

Calcul des moments des distributions des durées de vie. — Les équations (1) et (2) étant équivalentes lorsque E, A, U et c sont considérés comme des fonctions de p, leur différentiation totale donne des expressions équivalentes. La

condition $dp = 0$ s'écrit, d'après (1) :

$$\frac{\partial F}{\partial S} dS + \frac{\partial F}{\partial N} dN = 0 \tag{3}$$

et, d'après (2),

$$dS = - cA(N - U)^{-c-1} dN. \tag{4}$$

Les équations (3) et (4) devant être compatibles, on en déduit l'identité

$$cA(N - U)^{-c-1} \frac{\partial F}{\partial S} - \frac{\partial F}{\partial N} = 0. \tag{5}$$

La densité de probabilité conditionnelle des durées de vie, *pour les éprouvettes susceptibles de se rompre*, définie par

$$\frac{\dfrac{\partial F}{\partial N}}{\displaystyle\int_{N=0}^{N=\infty} \frac{\partial F}{\partial N} dN} = \frac{\dfrac{\partial F}{\partial N}}{F(S, \infty)}$$

est, d'après (5), égale à

$$\frac{cA(N - U)^{-c-1}}{F(S, \infty)} \frac{\partial F}{\partial S}.$$

Les moments par rapport à l'origine de la distribution conditionnelle des durées de vie sont donc donnés par

$$m_\alpha = \frac{1}{F(S, \infty)} \int_{N=0}^{N=\infty} N^\alpha cA(N - U)^{-c-1} \frac{\partial F}{\partial S} dN, \tag{6}$$

où c, A, U sont des fonctions de p, c'est-à-dire de N, puisque

$$p = F(S, N).$$

Considérons maintenant les conséquences de la formule (6) pour la valeur $S = S_0$ définie au paragraphe précédent. Lorsque N tend vers l'infini,

$$c, \quad A \quad \text{et} \quad \frac{\partial F}{\partial S},$$

tendent vers des limites non nulles, tandis que U reste fini. Il est facile d'en déduire que l'intégrale du second membre de (6) ne converge sûrement que si la limite c_0 de c est supérieure à α et qu'elle diverge sûrement si c_0 est inférieur à α. Si c est constant et égal à α, ou s'il tend vers α par valeurs inférieures, l'intégrale est également divergente mais, lorsque c tend vers α par valeurs supérieures, on ne peut rien conclure d'après la règle habituelle de convergence.

Conclusion. — Lorsque l'on prête aux courbes d'isoprobabilité une forme définie par l'équation (2), on en déduit que, dans la zone des contraintes appelée zone d'endurance où les éprouvettes ne rompent pas toutes, quelle que soit la longueur de l'essai, la distribution statistique des durées de vie sous une contrainte d'amplitude S_0 arbitraire (*pour les éprouvettes qui peuvent effec-*

tivement se rompre) n'a sûrement de moments que jusqu'à un ordre $\alpha < c_0$, et n'en a sûrement pas pour $\alpha > c_0$ [c_0 est la valeur du coefficient c de l'équation (2) pour un niveau de probabilité $p_0 = F(S_0, \infty)$].

Or, en pratique, les ajustements des courbes (2) à des observations conduisent toujours à des valeurs de c inférieures à 1 et de l'ordre de 0,1 à 0,3 environ.

Il résulte donc de cette forme de courbe que l'espérance mathématique et la variance de la durée de vie ne sont pas définissables dans la zone d'endurance et que la moyenne arithmétique ou la variance observées dans un échantillon sont des expressions qui n'ont pas de signification statistique.

Enfin, nos déductions entrent en contradiction avec les expressions des distributions statistiques des durées de vie qui comportent des moments de tous ordres ([3]).

([1]) W. Weibull, *Kungl. Tekniska Högskolans Handlinger*, Stockholm, 1949.

([2]) A. M. Freudenthal et E. J. Gumbel, *Journ. of the Amer. Stat. Assoc.*, 49, 1954, p. 575-597.

([3]) A. M. Freudenthal et E. J. Gumbel, *International Conference on Fatigue of Metals*, London, 11 septembre 1956.

MÉCANIQUE. — *Introduction des moyennes dans les équations de la mécanique et principe de Saint-Venant.* Note de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Henri Villat.

1° Expression de la moyenne par la fonction elle-même et ses laplaciens itérés [(1),(3)] et de la fonction par sa moyenne et ses laplaciens [(2), (3)]. 2° Transposition sur les moyennes des équations auxquelles satisfont les fonctions. 3° Exemple : Moyennes dans les équations de l'Hydrodynamique. 4° Autre exemple d'application des (1)-(3) : Démonstration du principe de Saint-Venant.

1° Considérons une fonction φ_m de m variables $x_i (1 \leq i \leq m)$ qui détermine une grandeur quelconque, physique ou mécanique. Introduisons deux genres de moyennes primaires : $\overline{\varphi}_{m,1}$, étendue sur le domaine des x_i tels que $\sum_{i=1}^{m} x_i^2 = R^2$ et $\overline{\overline{\varphi}}_{m,1}$, étendue sur $\sum_{i=1}^{m} x_i^2 \leq R^2$. Ici R est un paramètre de valeur fixe. Dans l'article précédent ([1]) nous avons déjà mentionné les expressions symboliques et les séries de $\overline{\varphi}_{m,1}$ et de son inverse :

$$(1) \quad \overline{\varphi}_{m,1} = \left(\frac{R^2\Delta}{4}\right)^{2-m} \left(\frac{m}{2} - 1\right)! \, \mathcal{J}_{\frac{m}{2}-1}(iR\sqrt{\Delta})\, \varphi_{m,1} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{R^{2i}\Delta^i \varphi_m}{2^i (i)!\, m(m+2)\ldots(m+2i)};$$

$$(2) \quad \varphi_m = \left(\frac{R^2\Delta}{4}\right)^{m-2} \left[\left(\frac{m}{2} - 1\right)! \, \mathcal{J}_{\frac{m}{2}-1}(iR\sqrt{\Delta})\right]^{-1} \overline{\varphi}_{m,1}; \qquad \Delta = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial^2 \varphi_m}{\partial x_i^2},$$

dont l'application est le but de cette Note. Ces formules sont invariantes par rapport à n'importe quelle transformation de coordonnées, parce que le symbole Δ est lui-même invariant. La série (1) est convergente pour toutes les valeurs finies de R, de m et des dérivées; la série (2) l'est dans certaines limites, assez larges, qui dépendent de m, etc. [*voir* (¹)]. Il ne faut pas perdre de vue que les deux traits sur $\bar{\bar{\varphi}}_{m,1}$ n'indiquent pas une itération de $\bar{\varphi}_{m,1}$. Pour ces itérations (moyennes secondaires, etc.) introduisons les abréviations $\overline{(\bar{\varphi}_{m,1})} = \bar{\varphi}_{m,2}$, et généralement $\bar{\varphi}_{m,n}$; de même la n^ième itération de $\bar{\bar{\varphi}}_{m,1}$ sera indiquée par $\bar{\bar{\varphi}}_{m,n}$. Les formules pour les itérations de $\bar{\varphi}_{m,1}$ sont

$$(3)\quad \begin{cases} \bar{\varphi}_{m,n} = \sum\limits_{i=0}^{\infty} a_{n,i} \mathrm{R}^{2i} \Delta^i \varphi_m, \quad a_{n,0} = 1, \quad a_{n,1} = n : 2m, \quad a_{n,2} = [n^2 m + 2n(n-1)] : 8m^2(m+2), \\ a_{n,3} = [n^3 m^2 + 6n^2(n-1) + 8n(n-1)(n-2)] : 48n^3(m+2)(m+4); \\ a_{n,4} = [n^4 m^4 + 2n^3(7n-6)m^3 + 4n^2(n-1)(17n-19)m^2 + 8n(n-1(n-2) \\ \qquad \times (17n-15)m + 96n(n-1)(n-2)(n-3)] : 384m^4(m+2)^2(m+4)(m+6). \end{cases}$$

On obtient les $\bar{\bar{\varphi}}_{m,n}$ à l'aide de $\bar{\bar{\varphi}}_{m,n} = m\mathrm{R}^{-m} \int_0^{\mathrm{R}} \bar{\varphi}_{m,n} \mathrm{R}^{m-1}\, d\mathrm{R}$. Nous n'avons pas besoin d'écrire explicitement les inverses qui nous sont nécessaires : la formule (3) les contient (n prenant des valeurs négatives). C'est ainsi qu'on trouve (2) en permutant $\bar{\varphi}_{m,1}$ et φ_m et en posant $n = -1$. Dans les 2°, 3°, 4° $a_{-n,1}$ sera indiqué par $-a$ et $a_{-n,2}$ par b.

2° Soit $E(\varphi) = 0$, une équation différentielle (où même intégro-différentielle), issue de lois générales physico-mécaniques et déterminant un phénomène P étudié. Cependant souvent on ne peut pas la résoudre à cause des fluctuations auxquelles P est sujet : il est impossible par exemple d'écrire les conditions initiales ou celles qui ont lieu aux bords. On est alors forcé de considérer les moyennes, et de les calculer non pas à partir de φ, mais immédiatement à partir d'une équation, qu'on tâche de construire en transformant convenablement $E(\varphi)$. Habituellement, on applique le procédé qu'on peut appeler « introduction des moyennes de l'extérieur », c'est-à-dire on cherche à transformer $\overline{E(\varphi)}$ en une fonction de $\bar{\varphi}$. Sans même dire qu'il exige que (A) $\overline{\varphi'_x} = \bar{\varphi}'_x$, ce procédé est difficilement réalisable dans la plupart des cas. Seul celui d'une $E(\varphi)$ linéaire et ayant des coefficients constants donne $\overline{E(\varphi)} = E(\bar{\varphi}) = 0$ (si l'on suppose (A) valable).

Dans tous les autres cas, il est inévitable de faire des hypothèses plus ou moins fortuites. L'Hydrodynamique présente un exemple d'une telle situation. C'est pourquoi l'auteur a proposé le procédé de « l'introduction des moyennes de l'intérieur ». Ici on obtient l'équation cherchée pour $\bar{\varphi}$ en substituant dans $E(\varphi)$ la fonction φ par (3) pour les $n < 0$. Cette opération est toujours possible. Naturellement l'inversion complète de (1) n'est pas seulement (2) mais contient encore les termes indéterminés provenant des solutions de l'équation homo-

gène. De plus, (2) substituée dans $E(\varphi)$ donne lieu à des équations différentielles d'ordre très élevé (théoriquement infini). Cependant pour les buts qu'on poursuit en introduisant les moyennes — élimination des fluctuations, etc. — ni les termes indéterminés que nous venons de mentionner, ni les termes correspondant aux puissances élevées de R, ne sont importants. En les supprimant, on trouve ainsi $E(\varphi_{m,n} - aR^2\Delta\varphi_{m,n}) = 0$, en première approximation, $E(\varphi_{m,n} - aR^2\Delta\varphi_{m,n} + bR^4\Delta\Delta\varphi_{m,n}) = 0$, en deuxième, etc. sans recourir à une hypothèse physico-mécanique quelconque. Même pour les équations linéaires à coefficients constants les formules (1)-(3) sont importantes. Dans ce dernier cas on n'applique pas les (2) mais (1) et, sans avoir recours à (A), on parvient au résultat connu : (B) $E(\bar\varphi) = 0$, seulement à partir des identités $\Delta E(\varphi) = E(\Delta\varphi) = 0$. Ainsi l'équation linéaire à coefficients constants pour $\bar\varphi$ est établie pour un ensemble de fonctions beaucoup plus large que celles qui satisfont à (A). Le procédé appliqué dans sa forme générale, [formules (3)], ne donne pas (B), mais l'équation : (C) $E(\bar\varphi_{m,n} - aR^2\Delta\bar\varphi_{m,n} + bR^4\Delta\Delta\varphi_{m,n} + \ldots) = 0$, qui est plus générale que (B). Cette remarque démontre que les équations (C) contiennent non seulement toutes les solutions du problème considéré, mais aussi un ensemble de solutions étrangères au problème. Cependant il n'y a aucune difficulté à les éliminer.

3° Donnons quelques exemples d'application de cette théorie simple. Naturellement le domaine le plus vaste de son application concerne les équations non-linéaires de la Mécanique, où le procédé de « l'introduction des moyennes de l'extérieur » ne fonctionne presque pas. Au contraire, en appliquant le procédé de 2° à de telles équations, on obtient facilement les équations pour les moyennes. Par exemple en Hydrodynamique on aura :

$$(4)\quad \begin{cases} \left(\bar{\vec v} - aR^2\Delta\bar{\vec v}\right)''_t = -\operatorname{grad}(\bar p - aR^2\Delta\bar p) - \text{forces}, \qquad \bar\rho - aR^2\Delta\bar\rho = f(\bar p - aR^2\Delta\bar p), \\ \operatorname{div}\left(\bar{\vec v} - aR^2\Delta\bar{\vec v}\right) = -(\ln(\bar\rho - aR^2\Delta\bar\rho))'_t \end{cases}$$

en première approximation,

$$(5)\quad \begin{cases} \left(\bar{\vec v} - aR^2\Delta\bar{\vec v} + bR^4\Delta\Delta\bar{\vec v}\right)'_t = -\operatorname{grad}(\bar p - aR^2\Delta\bar p + bR^4\Delta\Delta\bar p) - \text{forces}, \\ \bar\rho - aR^2\Delta\bar\rho + bR^4\Delta\Delta\bar\rho = f(\bar p - aR^2\Delta\bar p + bR^4\Delta\Delta\bar p), \\ \operatorname{div}\left(\bar{\vec v} - aR^2\Delta\bar{\vec v} + bR^4\Delta\Delta\bar{\vec v}\right) = -(\ln(\bar\rho - aR^2\Delta\bar\rho + bR^4\Delta\Delta\bar\rho))'_t. \end{cases}$$

en deuxième, etc. En complète analogie avec l'introduction des moyennes dans l'équation $\rho = f(p)$ de l'Hydrodynamique [*voir* (4) et (5)], ces moyennes s'introduisent dans la généralisation non linéaire de la loi de Hooke en Élasticité et dans la condition reliant les tensions en Plasticité. Elles sont considérées ailleurs ([2]). L'application du procédé considéré aux équations linéaires (Élasticité classique, etc.) est élémentaire.

4° Les formules obtenues [(1)-(3)], ainsi que l'idée même du procédé, sont

profondément liées au problème des anomalies et des fluctuations. Ceci donne aux [(1)-(3)] encore un champ d'application autre que celui indiqué dans 2° et 3°. Un exemple frappant d'une telle application présente la démonstration mathématique du principe de Saint-Venant. Ce principe aux applications fécondes dans plusieurs domaines, énoncé déjà depuis plus d'un siècle, n'a jamais été démontré. Toutes les grandeurs φ_m de l'Élasticité statique (X_{ij}-tensions, x_{ij}-déformations, u_i-déplacements, etc.) satisfont à l'équation biharmonique : (D) $\Delta\Delta\varphi_m = 0$. C'est pourquoi pour toutes ces grandeurs les formules fondamentales [(1)-(3)] s'écrivent de façon très simple : $\bar{\varphi}_{m,n} = \varphi_m + aR^2\,\Delta\varphi_m$, $\varphi_m = \bar{\varphi}_{m,n} - aR^2\,\Delta\bar{\varphi}_{m,n}$. La différence entre la moyenne et la fonction elle-même : $\bar{\varphi}_{m,n} - \varphi_m$ (anomalie A, créée aux bords ou dans un endroit soumis aux forces extérieures) s'exprimera alors exactement sous la forme : $A = aR^2\,\Delta\varphi_{m,n}$, où m est égal à un, deux ou trois, suivant le nombre des dimensions du problème considéré. On voit facilement que (D) a comme conséquence que cette différence — cette anomalie $A = aR^2\,\Delta\varphi_{m,n}$ est une fonction harmonique $\Delta A = 0$. La propriété des fonctions harmoniques de n'avoir d'extrema que sur les bords ou dans les domaines soumis aux influences extérieures, est bien connue. Ainsi on voit que toute anomalie élastique : $\bar{X}_{ij} - X_{ij}$, $\bar{x}_{ij} - x_{ij}$, $\bar{u}_i - u_i$, etc. s'éteint assez vite en s'éloignant des bords ou des autres domaines d'application des influences extérieures. Cette conséquence de [(1)-(3)] traduit exactement le principe de Saint-Venant qui est ainsi démontré théoriquement. Nous nous limiterons ici à cet exemple des anomalies. Pour les fluctations, *voir* (3).

(1) M. MATSCHINSKI, *IXe Congrès de Mécanique appliquée*. Livre de Résumés, II, p. 231, Bruxelles, 1956. Texte complet sous presse.

(2) M. MATSCHINSKI, *Annali di Geofisica* (Roma) n° 2, 1956, p. 151.

(3) M. MATSCHINSKI, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1457 et 1766; *Geofis. pura e appl.*, Vol. 30, 1955, p. 68; *Rend. Acc. Lincei*, 18, 1955, p. 378; *J. Scient. de Météorologie*, n° 28, 1955, p. 339 et n° 30, 1956, p. 61.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur un nouveau dispositif de rupture des matériaux par un effort alternatif sinusoïdal à 87 000 c/s.* Note de MM. **Georges Vidal** et **François Girard**, présentée par M. Maurice Roy.

Dans une récente Note (1), nous avons décrit un dispositif susceptible de rompre les métaux sous l'action d'un effort axial, alternatif et sinusoïdal à haute fréquence (5 000 à 8 000 Hz). La présente Note a pour objet de décrire un nouveau dispositif qui fonctionne à une fréquence atteignant 87 000 Hz.

Le nouveau dispositif, reproduit à la figure 1, comprend un cylindre creux de révolution 1 en matériau piézoélectrique à base de TiO_3Ba. Ce cylindre est maintenu par son plan médian et comporte deux extré-

mités planes argentées qui sont respectivement reliées aux électrodes 3 et 4. En établissant entre ces électrodes une tension électrique sinusoïdale de fréquence réglable, on excite mécaniquement le cylindre 1 à sa fréquence longitudinale de résonance, soit 87 000 Hz; le cylindre 1 vibre en demi-onde selon la courbe A′ représentée à droite de la figure 1.

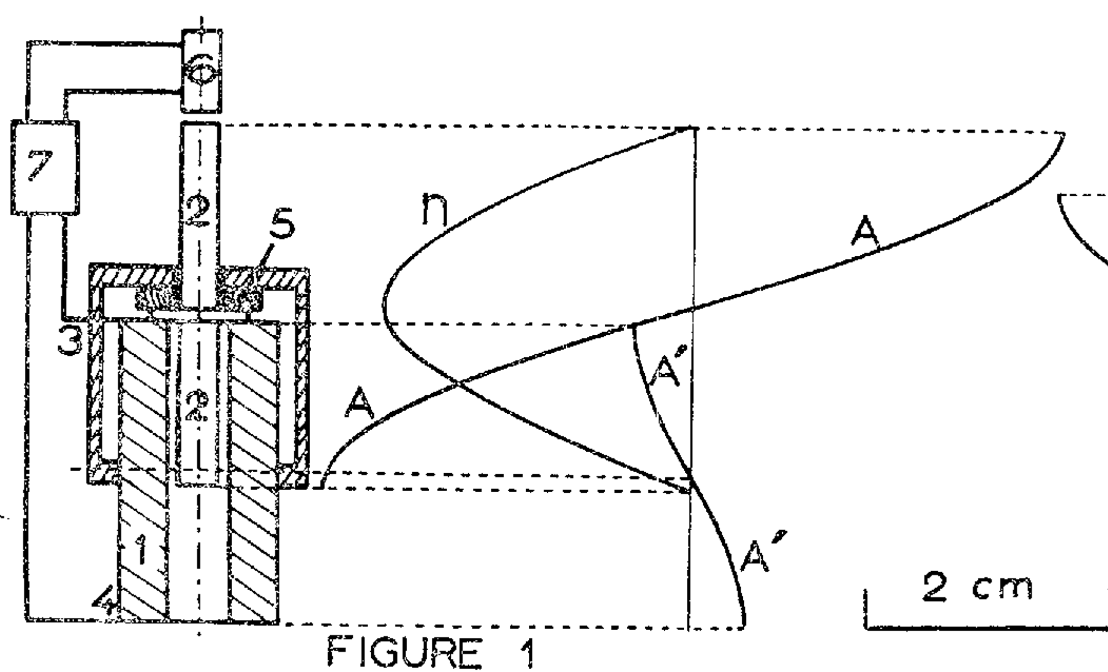


FIGURE 1

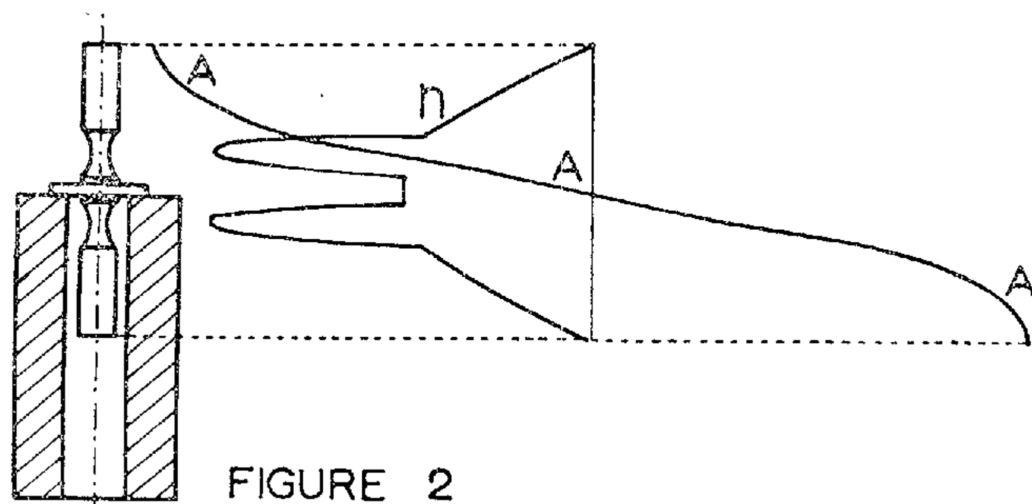


FIGURE 2

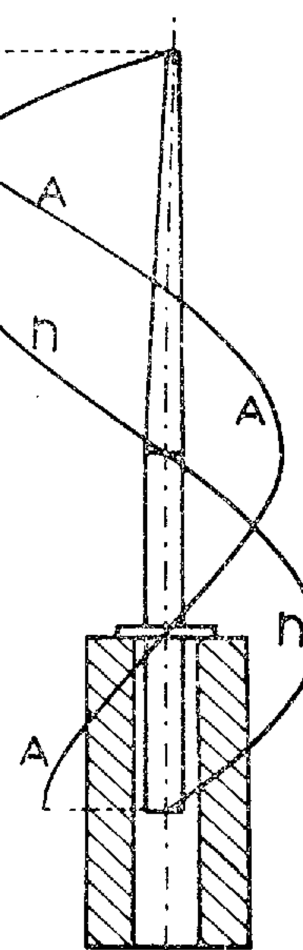


FIGURE 3

Sur la face supérieure du cylindre 1 est appliquée la collerette médiane de l'éprouvette cylindrique 2 par l'intermédiaire d'une pièce en caoutchouc 5. La longueur de l'éprouvette est telle que sa fréquence fondamentale de vibration longitudinale soit approximativement égale à celle du cylindre piézoélectrique. Les deux demi-longueurs de l'éprouvette de part et d'autre de la collerette médiane ne sont pas égales et diffèrent d'environ 0,1 mm; cette dissymétrie — exagérée à dessein sur la figure 1 — a pour effet d'exciter l'éprouvette au voisinage immédiat de son plan nodal et d'amplifier ainsi considérablement l'amplitude de la face supérieure de l'éprouvette vis-à-vis de celle du cylindre piézoélectrique. Sur la figure 1, les courbes A et n représentent respectivement l'amplitude et la contrainte en chaque section transversale de l'éprouvette. En éclairant l'extrémité supérieure de l'éprouvette, on rend brillant un minuscule défaut géométrique dont l'amplitude maximum A_M est mesurée par un

microscope à fort grossissement; si E et L représentent respectivement le module d'Young et la longueur totale de l'éprouvette, la contrainte maximum dans l'éprouvette est égale à $\pi EA_M/L$.

On peut entretenir la résonance en circuit fermé en disposant un « pick-up » piézoélectrique 6 à une distance de la face supérieure de l'éprouvette égale au 1/4 de longueur d'onde dans l'air, soit 1 mm environ; la tension électrique sinusoïdale délivrée par le « pick-up » est amplifiée par un dispositif électronique 7 et appliquée aux deux électrodes 3 et 4.

L'éprouvette cylindrique peut comporter deux gorges toriques au voisinage immédiat de la collerette médiane (*fig.* 2) en limitant ainsi le volume du matériau sollicité à forte contrainte. L'éprouvette cylindrique demi-onde peut également être prolongée par un tronc de cône demi-onde en localisant ainsi la zone de contrainte maximum en dehors du voisinage de la collerette médiane (*fig.* 3).

Au moyen du dispositif reproduit à la figure 1, nous avons rompu des éprouvettes de 3 mm de diamètre en alliage d'aluminium à 4 % de Cu et 0,7 % de Mg, en alliage de titane à 4 % de Mn et 3,8 % de Al et en verre à 80 % de SiO_2, 2 % de Al_2O_3, 4 % de NaOH et 12 % de B_2O_3. En réduisant le volume sollicité selon le dispositif de la figure 2, nous avons rompu des éprouvettes en alliage de magnésium à 6,1 % de Al et 2,7 % de Zn et en acier à 0,9 % de C trempé à l'eau après un maintien à 800° C et revenu à 500° C. Au moyen du dispositif représenté à la figure 3, nous avons rompu une éprouvette en verre de composition chimique déjà précisée. Les cassures des métaux étudiés présentent le même faciès caractéristique que celui usuellement observé à basse fréquence. En outre, les éprouvettes ne présentent pas, même lors de leur rupture, un échauffement notable en indiquant ainsi, indirectement comme déjà précisé ([2]), une très faible valeur de l'amortissement interne des matériaux essayés.

([1]) G. Vidal, F. Girard et P. Lanusse, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 986.
([2]) M. Roy, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 256.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Forces aérodynamiques non stationnaires sur une aile mince de très faible allongement en déformation.* Note de M. **Jean-Pierre Guiraud**, présentée par M. Maurice Roy.

La pression en tout point de l'aile peut être obtenue en résolvant un problème de variation de fonction de Green; son expression est utilisée pour amorcer le calcul des forces aérodynamiques généralisées, dont la connaissance est nécessaire pour certains problèmes d'aéroélasticité.

1. Il est considéré ici certains écoulements non stationnaires d'un fluide compressible autour d'une aile infiniment mince dont la forme en plan est une

région du plan $z=0$ d'un repère $Oxyz$ lié à l'aile, région définie par $0 \leq x \leq 1$; $-l(x) \leq y \leq l(x)$. En plus des hypothèses définissant le domaine d'adéquation de la théorie linéarisée, sont également faites celles dites de « corps élancé » introduites par R. T. Jones ([1]) pour l'étude des écoulements stationnaires $\left(\beta = \sqrt{|M^2 - 1|},\quad M = U_\infty / a_\infty,\right.$ nombre de Mach de l'écoulement $\left.\text{principal}\right)$:

$$l(0) = 0, \qquad \beta l(x) \ll 1, \qquad \beta \frac{dl}{dx} \ll 1. \tag{1}$$

la surface de l'aile se déformant selon la loi $z = h(x, y) \exp(i\nu t)$ l'écoulement dérive d'un potentiel des vitesses $U_\infty \Phi(x, y, z) \exp(i\nu t)$, et il est possible de montrer ([2]) que Φ satisfait approximativement à une équation de Helmoltz

$$\Phi_{yy} + \Phi_{zz} + \frac{\nu^2}{a^2} \Phi = 0. \tag{2}$$

Le potentiel Φ est facilement obtenu par l'emploi des coordonnées elliptiques

$$y = l \operatorname{ch} \xi \cos \eta, \qquad z = l \operatorname{sh} \xi \sin \eta$$

($\omega = \nu / U$ fréquence réduite)

$$\Phi(x, y, z) = \Phi(x; \xi, \eta) = \sum_{n=1}^{\infty} Q_n E_n(\xi, q)\, \mathrm{se}_n(\eta, q), \tag{3}$$

$$\pi Q_n = 2 \int_0^{\pi} l \sin \eta\, w(x, \eta)\, \mathrm{se}_n(\eta, q)\, d\eta, \tag{4}$$

$$E_n(\xi, q) = \mathrm{Ne}_n(\xi, q) [\mathrm{Ne}'_n(0, q)]^{-1}, \qquad q(x) = \frac{M^2 \omega^2 l^2}{4};$$

$\mathrm{Ne}_n(\xi, q)$ et $\mathrm{se}_n(\eta, q)$ sont des fonctions de Mathieu dans la notation de Mc Lachlan ([5]). Enfin

$$w(x, \eta) = w(x, y) = h_x(x, y) + i\omega h(x, y). \tag{5}$$

2. Telle est la théorie de H. Merbt et M. Landahl ([2]), R. D. Milne ([3]), B. Mazelsky ([4]). Ces auteurs utilisent directement la formule (3) sans déterminer la pression, ce qui limite les applications aux cas d'ailes indéformables. Il est possible d'étendre la théorie de manière à pouvoir traiter une déformation arbitraire. La relation (3) s'écrit

$$\Phi(x, y, z) = \int_{-l}^{l} G(x; y, z; y_1)\, w(x, y_1)\, dy_1, \tag{6}$$

$$\begin{aligned} G(x; y, z; y_1) = G(x; \xi, \eta; \eta_1) = {} & -\frac{1}{2\pi} \operatorname{Log} \frac{\operatorname{ch} \xi - \cos(\eta + \eta_1)}{\operatorname{ch} \xi - \cos(\eta - \eta_1)} \\ & + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left[E_n(\xi, q)\, \mathrm{se}_n(\eta, q) + \sum_{m=1}^{\infty} B_m^{(n)}(q) \frac{e^{-m\xi}}{m} \sin m\eta \right] se_n(\eta_1, q). \end{aligned} \tag{7}$$

Avec

$$\pi B_m^{(n)}(q) = 2\int_0^{\pi} se_n(\eta, q)\sin m\eta\, d\eta.$$

La série figurant dans (7) est, ainsi que ses dérivées terme à terme par rapport à ξ et η, uniformément convergente pour $\xi \geqq 0$ ce qui suffit pour poursuivre.

3. Le coefficient de portance local

$$\varpi(x, y) = \left[\frac{1}{2}\rho_\infty U_\infty^2\right]^{-1}\{p(x, y, 0_-) - p(x, y, 0_+)\}$$

est donné par

$$(8)\qquad \varpi(x, y) = 4(\Phi_x + i\omega\Phi)_{z=0_+} = 4\int_{-l}^{l}\left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)_{z=0_+} w\, dy_1 + 4\int_{-l}^{l}(G)_{z=0_+} W\, dy_1,$$

$$W(x, y) = w_x(x, y) + i\omega w(x, y).$$

Il est obtenu successivement

$$(9)\quad \begin{cases} -\dfrac{\partial G}{\partial x} = \lim\limits_{\Delta x \to 0_+} \dfrac{1}{\Delta x}\displaystyle\int_{-l(x+\Delta x)}^{-l(x)} + \int_{l(x)}^{l(x+\Delta x)} \{G(x+\Delta x; y, z;\ y_2)G_z(x; y_2, 0; y_1)\}\, dy_2 \\ -\dfrac{\partial G}{\partial x} = \dfrac{1}{2\pi l}\dfrac{dl}{dx}\{F(x; \eta_1; 0)H(x, \xi, \eta; 0) + F(x; \eta_1; \pi)H(x; \xi, \eta; \pi)\}, \\ F(x; \eta; \alpha) = [1 - \cos(\eta + \alpha)]^{-1}\sin\eta \\ \qquad - 2\cos\alpha \displaystyle\sum_{n=1}^{\infty}\left[E_n(0, q)\, se'_n(\alpha, q) + \sum_{m=1}^{\infty} B_m^{(n)}(q)\right] se_n(\eta_1, q), \\ H(x; \xi, \eta; \alpha) = [\operatorname{ch}\xi - \cos(\eta + \alpha)]^{-1}\sin\eta \\ \qquad - 2\cos\alpha \displaystyle\sum_{n=1}^{\infty}\left[E_n(\xi, q)\, se_n(\eta, q) + \sum_{m=1}^{\infty}\frac{B_m^{(n)}(q)}{m}e^{-m\xi}\sin m\eta\right] se'_n(\alpha, q). \end{cases}$$

Portant (9) dans (8), il vient

$$(10)\quad \varpi(x, \eta) = 4\int_{-l}^{l} G(x; y, 0; y_1)W(x, y_1)\, dy_1$$
$$- \frac{2}{\pi l}\frac{dl}{dx}\left\{H(x; 0, \eta; 0)\int_0^{\pi} l\sin\eta_1\, w(x, \eta_1)F(x; \eta_1, 0)\, d\eta_1 + H(x; 0, \eta; \pi)\right.$$
$$\left.\int_0^{\pi} l\sin\eta_1\, w(x, \eta_1)F(x; \eta_1; \pi)\, d\eta_1\right\}$$

4. Pour traiter certains problèmes d'aéroélasticité il est utile de savoir évaluer des expressions de la forme $F_{j,k}(x) = \int_{-l}^{l} h_j(x, y)\,\varpi_k(x, y)\, dy$ où $\varpi_k(x, y)$ correspond à la loi de déformation $h_k(x, y)$.

Faisant l'hypothèse complémentaire

$$h(x, y) = \sum_{p=0}^{P} a_p(x)\left[\frac{y}{l}\right]^p, \qquad w(x, y) = \sum_{p=0}^{P} b_p(x)\left[\frac{y}{l}\right]^p, \qquad W(x, y) = \sum_{p=0}^{P} c_p(x)\left[\frac{y}{l}\right]^p,$$

hypothèse qui est encore probablement assez large pour couvrir l'ensemble des applications, il est obtenu :

$$(11)\quad \left\{\begin{aligned} &\mathrm{F}_{j,k}(x) = -2\pi l \frac{dl}{dx} \sum_{r,}^{\mathrm{P}} \sum_{s=0}^{\mathrm{P}} a_r^{(j)}(x)\, b_s^{(k)}(x)\, \mathfrak{U}_{r,s}[q(x)] \\ &\qquad - 2\pi l^2 \sum_{r,}^{\mathrm{P}} \sum_{s=0}^{\mathrm{P}} a_r^{(j)}(x)\, c_s^k(x)\, \mathfrak{V}_{r,s}[qx] \\ &\mathfrak{U}_{r,s}(q) = [1 + (-1)^{r+s}]\, \mathfrak{A}_r(q)\, \mathfrak{A}_s(q), \\ &\mathfrak{V}_{r,s}(q) = -\sum_{m=1}^{\infty} k_{r,m} k_{s,m'} \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \mathrm{B}_m^{(n)}(q)\, \mathrm{B}_{m'}^{(n)}(q)\, \mathrm{E}_n(0, q) \right\}, \\ &\mathfrak{A}_r(q) = \sum_{m=1}^{\infty} k_{r,m} \left\{ \sum_{m'=1}^{\infty} m' \left(\sum_{n=1}^{\infty} \mathrm{B}_m^{(n)}(q)\, \mathrm{B}_{m'}^{(n)}(q)\, \mathrm{E}_n(0, q) \right) \right\}; \end{aligned}\right.$$

$k_{r,m} = m[(r+1)2^r]^{-1}\mathrm{C}_{r+1}^{(m+r+1)/2}$ et o si $m + r + 1$ impair ou si $m > r + 1$.

(1) *N. A. C. A.*, Rep. 835.

(2) Royal Institute of Technology, KTH. AERO, TN **30** et **31**.

(3) The College of Aeronautics Cranfield, Report 94.

(4) *J. A. S.*, 23, n° 7, juillet 1956, p. 639-652.

(5) *Theory and applications of Mathieu Functions*, Clarendon Press, Oxford, 1937.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les états stationnaires d'un corpuscule dans une enceinte et la Théorie de la double solution.* Note de M. **André Rot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Extension, au cas où les variables se séparent, des résultats obtenus par M. Louis de Broglie (1) et l'auteur (2) dans le cas de la sphère.

Nous supposons qu'il n'y a pas de champ extérieur. La fonction d'onde ψ de la Mécanique ondulatoire est solution de l'équation de Schrödinger qui s'écrit

$$\Delta\psi \equiv \sum_{i=1}^{3} \frac{1}{e} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{e}{e_i}\frac{\partial\psi}{\partial x_i}\right) = -\frac{8\pi^2 m\mathrm{E}}{h^2}\psi = -k\psi$$

dans un système de coordonnées curvilignes rectangulaires pour lequel $ds^2 = \sum_{i=1}^{3} e_i\, dx_i^2$, $e = \sqrt{e_1 e_2 e_3}$.

Pour que ψ soit de la forme $\mathrm{X}_1(x_1)\mathrm{X}_2(x_2)\mathrm{X}_3(x_3)$ il faut et il suffit (3) :

que la frontière de l'enceinte coïncide avec une ou plusieurs surfaces ou portions de surfaces de coordonnées;

qu'on puisse trouver 12 fonctions $\mathrm{S}_{ji}(x_i)$, $f_i(x_i)$ telles que, si S^{ij} désigne le

cofacteur de S_{ji} dans le développement du déterminant S des S_{ji} on ait

$$\frac{1}{e_i}=\frac{S^{ii}}{S}; \qquad \frac{S}{e}=\frac{1}{f_1 f_2 f_3}.$$

Alors $X_i(x_i)$ vérifie l'équation

$$\frac{1}{f_i}\frac{d}{dx_i}\left(f_i\frac{dX_i}{dx_i}\right)+\sum_{j=1}^{3}k^{(j)}S_{ji}X_i=0,$$

où $k^{(1)}=k$, $k^{(2)}$ et $k^{(3)}$ étant les constantes de séparation.

En utilisant, soit une partie des conditions aux limites, soit la condition pour X_2 et X_3 d'être finies et uniformes, on trouve que $k^{(2)}$ et $k^{(3)}$ ne peuvent prendre qu'une suite de valeurs discrètes $k^{(2)}_{m,n}$, $k^{(3)}_{m,n}$ auxquelles correspondent les solutions $X_2^{(m,n)}$ et $X_3^{(m,n)}$ telles que

$$(2) \qquad \iint X_2^{(m,n)}X_3^{(m,n)}X_2^{(p,q)}X_3^{(p,q)}S^{11}f_2 f_3\,dx_2\,dx_3=\delta^{mp}\delta^{nq},$$

$X_1^{(m,n)}(k, x_1)$ est alors solution de

$$(3) \qquad \frac{1}{f_1}\frac{d}{dx_1}\left(f_1\frac{dX_1}{dx}\right)+(kS_{11}+k^{(2)}_{m,n}S_{21}+k^{(3)}_{m,n}S_{31})X_1=0.$$

Soient X_1 et Y_1 deux solutions indépendantes.

a. Si f_1 s'annule à l'intérieur de l'enceinte, on peut supposer $f_1(0)=0$, l'une des solutions soit Y_1 est singulière et le problème ne comporte qu'une condition aux limites.

b. Si X_1 et Y_1 sont régulières à l'intérieur de l'enceinte le problème comporte deux conditions aux limites. On peut alors choisir X_1 pour que l'une de ces conditions, qu'on écrira $X_1(0)=0$, soit toujours satisfaite.

Dans les deux cas on n'a que la seule condition $X_1^{(m,n)}(k, a)=0$ qui fournit les valeurs propres $k_{l,m,n}$ telles que

$$(4) \qquad \int_0^d X_1^{(m,n)}(k_{l,m,n}, a)\,X_1^{(m,n)}(k_{p,m,n}, a)\,S_{11}f_1\,dx_1=\delta_{lp}.$$

D'après la Théorie de la double solution la fonction d'onde singulière vérifie, à l'approximation linéaire,

$$(5) \qquad \Delta u+ku=\varepsilon\,\frac{\delta(x_1-x_1^0)\,\delta(x_2-x_2^0)\,\delta(x_3-x_3^0)}{e}$$

la singularité étant placée au point x_i^0. Nous en cherchons une solution sous la forme

$$u(x_i, x_i^0, k)=\sum_{m,n}X(x_1, x_1^0, k)\,Z^{(m,n)}(x_2^0, x_3^0)\,X_2^{(m,n)}(x_2)\,X_3^{(m,n)}(x_3).$$

En reportant dans (5) et en tenant compte des équations satisfaites par X_2

et X_3 ainsi que de (1) et (2) il vient

$$Z^{(m,n)}(x_2^0, x_3^0) = X_2^{(m,n)}(x_2^0)X_3^{(m,n)}(x_3^0).$$

(6) $$\frac{1}{f_1}\frac{d}{dx_1}\left(f_1\frac{dX}{dx_1}\right) + (kS_{11} + k_{m,n}^{(2)}S_{21} + k_{m,n}^{(3)}S_{31})X = \varepsilon\frac{\delta(x_1 - x_1^0)}{f_1}.$$

Si $\mathcal{W}$ est le wronskien des solutions X_1 et Y_1 de (3) envisagées plus haut, $\mathcal{W}_0$ sa valeur calculée au point x_1^0, (6) admet pour solution particulière $CX_1^{(m,n)} + DY_1^{(m,n)}$ avec

$$C = \begin{cases} -\dfrac{\varepsilon Y_{(1)}^{(m,n)}(k, x_1^0)}{\mathcal{W}_0 f_1(x_1^0)}; \\ 0 \end{cases} \qquad D = \begin{cases} 0 & \text{si } x_1 \leqq x_1^0, \\ \dfrac{\varepsilon X_1^{(m,n)}(k, x_1^0)}{\mathcal{W}_0 f_1(x_1^0)} & \text{si } x_1 \geqq x_1^0, \end{cases}$$

de sorte que la solution générale de (5) s'écrit

$$u(x_1, x_2^0, k) = \begin{cases} \displaystyle\sum_{m,n}\left[-\varepsilon\frac{Y_1^{(m,n)}(k, x_1^0)}{\mathcal{W}_0 f_1(x_1^0)}Z^{(m,n)}(x_2^0, x_3^0) + B_{m,n}\right] \\ \quad \times X_1^{(m,n)}(k, x_1)X_2^{(m,n)}(x_2)X_3^{(m,n)}(x_3) \qquad \text{si } x_1 \leqq x_1^0, \\ \displaystyle\sum_{m,n}\left[\varepsilon\frac{X_1^{(m,n)}(k, x_1^0)}{\mathcal{W}_0 f_1(x_1^0)}Z^{(m,n)}(x_2^0, x_3^0)Y_1^{(m,n)}(k, x_1) + B_{m,n}X_1^{(m,n)}(k, x_1)\right] \\ \quad \times X_2^{(m,n)}(x_2)X_3^{(m,n)}(x'_3) \qquad \text{si } x_1 \geqq x_1^0. \end{cases}$$

Comme la véritable équation d'onde n'est pas linéaire, ε et $B_{m,n}$ sont bien déterminés. Posons

(7) $$B_{m,n} = A_{m,n}\frac{X_1^{(m,n)}(k, x_1^0)Z^{(m,n)}(x_2^0, x_3^0)}{\mathcal{W}_0 f_1(x_1^0)}.$$

Grâce au choix des fonctions X_1 et Y_1 nous n'avons ici que la seule condition

(8) $$\frac{X_1^{(m,n)}(k, a)}{Y_1^{(m,n)}(k, a)} = -\frac{\varepsilon}{A_{m,n}}.$$

Si ε est petit devant $A_{m,n}$ les nouvelles valeurs propres $k'_{l,m,n}$ diffèrent très peu des anciennes. En reportant (7) et (8) dans l'expression de u on obtient les fonctions d'ondes singulières $u^{(l,m,n)}$.

Considérée comme fonction de $k'_{l,m,n}$, $u^{(l,m,n)}$ admet pour pôles simples ([4]) les valeurs propres $k_{p,m,n}$ de la Mécanique ondulatoire, ce qui permet d'écrire l'expression bien connue :

$$\begin{aligned} u^{(l,m,n)}(x_i, x_i^0, k) &= \varepsilon\sum_{p,m,n}\frac{\psi^{(p,m,n)}(x_i^0)\psi^{(p,m,n)}(x_i)}{k'_{l,m,n} - k_{p,m,n}} = \varepsilon\sum_{p\neq l,m,n}\frac{\psi^{(p,m,n)}(x_i^0)\psi^{(p,m,n)}(x_i)}{k'_{l,m,n} - k_{p,m,n}} \\ &\quad + \varepsilon\frac{X_1^{(m,n)}(k_{l,m,n}x_1^0)X_1^{(m,n)}(k_{l,m,n}x_1)Z^{(m,n)}(x_2^0, x_3^0)X_2^{(m,n)}(x_2)X_3^{(m,n)}(x_3)}{k'_{l,m,n} - k_{l,m,n}} \\ &\simeq \varepsilon\sum_{p\neq l,m,n}\frac{\psi^{(p,m,n)}(x_i^0)\psi^{(p,m,n)}(x_i)}{k'_{l,m,n} - k_{p,m,n}} + B_{m,n}\psi^{(l,m,n)}(x_i), \end{aligned}$$

expression qui met en évidence la partie singulière u_0 et la partie régulière proportionnelle à l'onde de probabilité.

(1) L. de Broglie, *Une tentative d'interprétation causale et non linéaire de la Mécanique ondulatoire*, Paris, 1956, p. 210-230.
(2) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 483.
(3) Robertson, *Math. Ann.*, 98, 1928, p. 749.
(4) E. Picard, *Leçons sur quelques problèmes aux limites*, Paris, 1930, p. 23.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une généralisation possible de la théorie des fluides à spin de Weyssenhoff.* Note de MM. **Gilbert Karpman** et **Varadaraja Venkata Raman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la théorie des fluides relativistes dotés de moment cinétique interne, on introduit un tenseur densité de moment cinétique interne, généralisant celui de Weyssenhoff. On en déduit les équations du mouvement et l'on en tire quelques conséquences.

La théorie habituelle des fluides relativistes dotés de moment cinétique interne (spin) (1) repose sur l'hypothèse que la densité de moment cinétique interne $S_{\alpha\beta}$ n'admet pas de composantes de temps dans le système propre, ce qui se traduit par la relation

$$S_{\alpha\beta}u^{\beta}=0, \tag{1}$$

u_{α} représentant la quadri-vitesse unitaire d'Univers.

Nous nous proposons ici de généraliser cette théorie en abandonnant la restriction précédente. Celle-ci en effet n'est pas nécessaire logiquement, et l'on peut concevoir suivant une idée de MM. Bohm et Vigier (2) des modèles de fluides relativistes plus généraux où $S_{\alpha\beta}$ admet en général des composantes de temps (correspondant physiquement à une self-énergie due à des oscillations internes) qui servent de base à une représentation hydrodynamique de l'équation de Dirac.

Nous nous plaçons dans l'espace de Minkowski et nous prendrons $c=1$.

Posons donc par définition :

$$S_{\alpha\beta}u^{\beta}=t_{\alpha}\neq 0 \tag{2}$$

et

$$\sigma_{\alpha}=\frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta}S^{\beta\gamma}u^{\delta}, \tag{3}$$

t_{α} et σ_{α} étant deux vecteurs de spin distincts, le second étant lié aux rotations d'espace et correspondant au spin habituel.

On peut alors exprimer $S^{\alpha\beta}$ en fonction de t_{α}, de σ_{α} et de u_{α}. On trouve facilement en se plaçant dans le système propre que

$$S_{\alpha\beta}=i\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta}\sigma^{\gamma}u^{\delta}+(u_{\alpha}t_{\beta}-u_{\beta}t_{\alpha}). \tag{4}$$

Si l'on pose

(5) $$S'_{\alpha\beta} = i\,\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta}\sigma^{\gamma}u^{\delta}; \qquad S''_{\alpha\beta} = (u_{\alpha}t_{\beta} - u_{\beta}t_{\alpha}),$$

on voit que $S'_{\alpha\beta}$ est le tenseur de Weyssenhoff; et $S''_{\alpha\beta}$ est un tenseur qui n'a que des composantes de temps dans le système propre.

Comme dans la théorie de Weyssenhoff, on suppose les équations de conservation :

A. de l'énergie et de la quantité de mouvement, soit

(6) $$\partial^{\beta}T_{\alpha\beta} = 0,$$

où $T_{\alpha\beta} = g_{\alpha}u_{\beta}$, est le tenseur impulsion-énergie du fluide, g_{α} n'étant pas colinéaire à u_{α}.

La condition (6) entraîne, comme dans la théorie de Weyssenhoff

(7) $$\dot{g}_{\alpha} = 0$$

(le point désignant la dérivée le long de la ligne de courant).

B. du moment angulaire qui s'écrit évidemment

(8) $$\dot{S}^{\alpha\beta} = g^{\alpha}u^{\beta} - g^{\beta}u^{\alpha}.$$

Prenons le dual de la relation (4) :

(9) $$\bar{S}_{\alpha\beta} = \frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\rho}(u^{\lambda}t^{\rho} - u^{\rho}t^{\lambda}) + (u_{\alpha}\sigma_{\beta} - u_{\beta}\sigma_{\alpha}).$$

Dérivons (9). Nous obtenons

(10) $$\begin{aligned}\dot{\bar{S}}_{\alpha\beta} &= (\dot{u}_{\alpha}\sigma_{\beta} + u_{\alpha}\dot{\sigma}_{\beta} - \dot{u}_{\beta}\sigma_{\alpha} - u_{\beta}\dot{\sigma}_{\alpha})\\ &\quad + \frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\rho}(\dot{u}^{\lambda}t^{\rho} + u^{\lambda}\dot{t}^{\rho} - \dot{u}^{\rho}t^{\lambda} - u^{\rho}\dot{t}^{\lambda})\end{aligned}$$

En remarquant que

(11) $$t_{\alpha}u^{\alpha} = S_{\alpha\beta}u^{\alpha}u^{\beta} = 0; \qquad \sigma_{\alpha}u^{\alpha} = \frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta}S^{\beta\gamma}u^{\delta}u^{\alpha} = 0)$$

et en contractant (10) par u^{β}, on obtient

(12) $$\begin{aligned}\dot{\bar{S}}_{\alpha\beta}u^{\beta} &= u_{\alpha}u^{\beta}\dot{\sigma}_{\beta} + \dot{\sigma}_{\alpha} + \frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\rho}(\dot{u}^{\lambda}t^{\rho} - \dot{u}^{\rho}t^{\lambda})u^{\beta}\\ &= u_{\alpha}u^{\beta}\dot{\sigma}_{\beta} + \dot{\sigma}_{\alpha} + i\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\rho}\dot{u}^{\lambda}t^{\rho}u^{\beta}.\end{aligned}$$

Prenons maintenant le dual de l'équation (5) et contractons par u^{β}. Le premier membre de la nouvelle équation est identique à (12). Le deuxième membre vaut

(13) $$\frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\rho}(g^{\alpha}u^{\beta} - g^{\beta}u^{\alpha})u^{\lambda} = 0.$$

on a donc

(14) $$\dot{\sigma}_{\alpha} = -u_{\alpha}u^{\beta}\dot{\sigma}_{\beta} - i\varepsilon_{\alpha\beta\lambda\rho}\dot{u}^{\lambda}t^{\rho}u^{\beta}.$$

En contractant (14) par $\dot{u}^\alpha$ et t^α, nous déduisons

$$\dot{u}^\alpha \dot{\sigma}_\alpha = t^\alpha \dot{\sigma}_\alpha = 0. \tag{15}$$

Équation du mouvement. — De même que dans la théorie de Weyssenhoff, nous avons la relation

$$g^\alpha = \mu_0 u^\alpha - \dot{S}^{\alpha\beta} u^\beta \qquad \text{où} \quad \mu_0 = -g^\alpha u_\alpha. \tag{16}$$

La différence entre la théorie de Weyssenhoff et le cas général que nous avons considéré provient de la complexité de $S_{\alpha\beta}$:

$$\dot{S}^{\alpha\beta} = \dot{S}'^{\alpha\beta} + \dot{S}''^{\alpha\beta} \qquad [\textit{voir} \ (^8)]. \tag{17}$$

Explicitons $\dot{S}''_{\alpha\beta} u^\beta$ en fonction de t_α et de u_α. Il vient

$$\begin{aligned} \dot{S}''_{\alpha\beta} u^\beta &= (\dot{u}_\alpha t_\beta + u_\alpha \dot{t}_\beta - \dot{u}_\beta t_\alpha - u_\beta \dot{t}_\alpha)\, u_\beta \\ &= u_\alpha \dot{t}_\beta u^\beta + \dot{t}_\alpha = k u_\alpha + \dot{t}_\alpha \end{aligned}$$

en posant $k = \dot{t}_\beta u^\beta = - t_\beta \dot{u}^\beta$; d'où l'équation du mouvement

$$g^\alpha = (\mu_0 - k)\, u^\alpha - \dot{S}'^{\alpha\beta} u_\beta - \dot{t}^\alpha. \tag{18}$$

Dans la théorie de Weyssenhoff μ_0 représente la densité de masse d'un élément du fluide. Dans le cas général nous voyons donc qu'il y a un changement de la densité de masse, qui est dû à l'accélération.

Nous allons exprimer maintenant $D_\tau S_{\alpha\beta} S^{\alpha\beta}$ et $D_\tau S_{\alpha\beta} \overline{S}^{\alpha\beta}$ en fonction de g_α, de t_α et de σ_α :

1°

$$S_{\alpha\beta} \dot{S}^{\alpha\beta} = S_{\alpha\beta} (g^\alpha u^\beta - g^\beta u^\alpha) = g^\alpha t_\alpha + g^\beta t_\beta = 2 g^\alpha t_\alpha.$$

On a donc

$$D_\tau (S_{\alpha\beta} S^{\alpha\beta}) = 4 g^\alpha t_\alpha. \tag{19}$$

2° De même :

$$S_{\alpha\beta} \dot{\overline{S}}^{\alpha\beta} = S_{\alpha\beta} \varepsilon^{\alpha\beta\delta\gamma} \dot{S}_{\gamma\delta} = \overline{S}_{\gamma\delta} (g^\gamma u^\delta - g_\delta u^\gamma) = 2 g^\alpha \sigma_\alpha$$

et

$$\overline{S}_{\alpha\beta} \dot{S}^{\alpha\beta} = \overline{S}_{\alpha\beta} (g^\alpha u^\beta - g^\beta u^\alpha) = 2 g^\alpha \sigma_\alpha,$$

d'où

$$D_\tau (S_{\alpha\beta} \overline{S}^{\alpha\beta}) = 4 g^\alpha \sigma_\alpha. \tag{20}$$

Notons enfin que $S_{\alpha\beta} S^{\alpha\beta}$ dans le système propre vaut

$$2 \sum S_{i4} S^{i4} + 2 \sum S_{jk} S^{jk}, \qquad \delta_{ijk} = 1.$$

Le premier terme est égal dans le système propre à : $-2 t_\alpha t^\alpha$ et le second à : $2 \sigma_\alpha \sigma^\alpha$, d'où nous avons

$$\sigma_\alpha \sigma^\alpha - t_\alpha t^\alpha = \frac{1}{2} S^{\alpha\beta} S_{\alpha\beta}. \tag{21}$$

De même $S_{\alpha\beta}\overline{S}^{\alpha\beta}$ dans le système propre est égal à

$$+2i\sum_{ijk} S_{ij}S^{ki}, \qquad \delta_{ijk}=1,$$

tandis que dans le système propre :

$$t_\alpha\sigma^\alpha = S_{\alpha\lambda}u^\lambda \frac{i}{2}\varepsilon_{\alpha\beta\gamma\delta}S^{\gamma\delta}u^\beta = -i\sum_{ijk} S_{ij}S^{ki}, \qquad \delta_{ijk}=1.$$

On a donc

$$t_\alpha\sigma^\alpha = -\frac{1}{2}S_{\alpha\beta}\overline{S}^{\alpha\beta}. \tag{22}$$

Dans une publication ultérieure, nous nous proposons d'introduire une restriction sur le tenseur $S_{\alpha\beta}$, restriction qui généralisera le tenseur de Weyssenhoff, et d'écrire les équations du mouvement correspondantes.

(1) J. V. Weyssenhoff et A. Raabe, *Acta Physica Polonica*, 9, 1947, p. 7; M. Mathisson, *Acta Physica Polonica*, 6, 1949, p. 163; C. Møller, *Ann. Ins. H. Poincaré*, 11, 1949, p. 251.

(2) Article à paraître dans la *Physical Review*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une forme spinorielle des équations de l'électromagnétisme*. Note de M. **Georges Bodiou**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il s'agit d'une description d'un champ électromagnétique général et d'une transcription des équations de Maxwell-Lorentz en termes de spineurs du premier rang, dans l'espace-temps : Tout bivecteur réel est le dual de la somme des « densités de moment électromagnétique » de deux spineurs confondus avec leurs « lacunes » respectives. La solution générale des équations de Maxwell-Lorentz est de cette forme, ses deux spineurs générateurs étant solutions d'équations convenables. Dans le vide ces deux spineurs sont des solutions, convenablement liées, de l'équation de Dirac à masse nulle; une liaison convenable est la correspondance de l'un des spineurs à l'autre par un retournement donné.

Notations : le dual, ou supplémentaire, du tenseur X est noté DX; son conjugué est noté X′; la matrice du quatrième ordre qui lui correspond est aussi notée X. Si ce tenseur est extrait, par une loi déterminée, du produit tensoriel des spineurs ψ_1 et ψ_2, on le note $X(\psi_1, \psi_2)$. Un produit de matrices est noté $\times$.

1° Un spineur ψ étant donné, nous appelons « lacune » associée à ce spineur, et nous notons ψ^-, le spineur symétrique du conjugué, ψ', de ψ, par rapport à l'origine.

ψ est la somme de deux semi-spineurs d'espèces différentes ; φ et $\varphi^{\cdot}$: $\psi = \varphi + \varphi^{\cdot}$.

Pour que ψ soit confondu avec sa lacune, $\psi = \psi^{-}$, il faut et il suffit que $\varphi^{\cdot} = \varphi^{-}$, c'est-à-dire que $\psi = \varphi + \varphi^{-}$. Nous avons démontré ailleurs qu'il faut et il suffit, aussi, que la « densité de spin » associée à ψ soit nulle.

2° Nous démontrons qu'il existe une infinité, à un paramètre, de décompositions d'un bivecteur B, donné, réel, sous la forme

(1) $$B = B(\psi_1, \psi_1) + B(\psi_2, \psi_2),$$

avec

(2) $$\psi_1 = \psi_1^{-} = \varphi_1 + \varphi_1^{-}, \qquad \psi_2 = \psi_2^{-} = \varphi_2 + \varphi_2^{-}.$$

Le nombre de ces décompositions se réduit à deux, au signe près des spineurs, si l'on impose comme condition supplémentaire à ψ_1 et à ψ_2, de se correspondre dans un retournement donné.

(1) équivaut à

(1') $$B = DB(\psi_1, \psi'_1) + DB(\psi_2, \psi'_2)$$

qui fait apparaître B comme le dual de la somme des densités de moment électromagnétique des spineurs ψ_1 et ψ_2.

3° Les équations de Maxwell-Lorentz, dans le cas d'un courant J :

$$\partial_i B^{li} = J^l, \qquad \partial_i DB^{li} = 0,$$

équivalent à $\partial_i(B - DB)^{li} = J^l$ (jointe à l'équation conjuguée).

Or, on trouve, à partir de (1) :

$$B - DB = 2[B(\varphi_1, \varphi_1) + B(\varphi_2, \varphi_2)]$$

d'où nous déduisons une nouvelle forme des équations électromagnétiques

(3) $$dM.[V(\varphi_1, \nabla\varphi_1) + V(\varphi_2, \nabla\varphi_2)] - [S(\varphi_1, d\varphi_1) + S(\varphi_2, d\varphi_2)] = dM.\frac{J}{4}$$

dans laquelle : le . marque un produit scalaire ; V et S sont, respectivement, le vecteur et le scalaire extraits du produit tensoriel des semi-spineurs qui sont leurs arguments ; $d\varphi_1$ et $d\varphi_2$ étant les différentielles semi-spinorielles qui correspondent au dM arbitraire ; $\nabla\varphi$ étant le semi-spineur de matrice $\nabla \times \varphi$.

4° Nous utilisons alors l'indétermination de la décomposition (1), pour imposer aux spineurs ψ_1 et ψ_2 une condition supplémentaire destinée à simplifier (3). Cette condition est

(4) $$S(\varphi_1, d\varphi_1) + S(\varphi_2, d\varphi_2) = 0.$$

(4) est satisfaite, par exemple, si l'on impose à φ_1 et φ_2 de se correspondre dans un retournement fixe arbitraire, et l'on a reconnu que (1) comporte de telles solutions. Ce retournement se traduit par l'équation matricielle : $\varphi_2 = b \times \varphi_1$, où b est une matrice bivectorielle telle que $b^2 = 1$.

Nous vérifions qu'il existe, lorsque B est un champ bivectoriel donné, une

infinité à un paramètre de champs semi-spinoriels solutions de (1) et de l'équation aux différentielles totales (4).

(4) réduit (3) à

$$V(\varphi_1, \nabla\varphi_1) + V(\varphi_2, \nabla\varphi_2) = \frac{J}{4},$$

dont nous déduisons les équations matricielles :

$$(5) \qquad \begin{cases} 8S(\varphi_1, \varphi_2) \times \nabla \times \varphi_1 = J \times \varphi_2, \\ 8S(\varphi_2, \varphi_1) \times \nabla \times \varphi_2 = J \times \varphi_1. \end{cases}$$

La solution générale des équations de Maxwell-Lorentz se décrit donc sous forme (1), *ou* (1′), *et* (2), *à partir de deux semi-spineurs*, φ_1 *et* φ_2, *solutions de* (4) *et* (5);

(5) équivaut à un système de quatre équations aux dérivées partielles du premier ordre, non linéaires, à quatre fonctions inconnues, composantes de φ_1 et φ_2.

5° Dans le vide, où $J = 0$, (5) se réduit à $\nabla \times \varphi_1 = 0$, et $\nabla \times \varphi_2 = 0$, qui équivalent, par (2) à : $\nabla \times \psi_1 = 0$, et $\nabla \times \psi_2 = 0$. (4) équivaut à

$$(4') \qquad S(\psi_1, d\psi_1) + S(\psi_2, d\psi_2) = 0.$$

Toute onde électromagnétique, dans le vide, peut donc se décrire, d'une simple infinité de façons, comme duale de la somme des densités de moment électromagnétique de deux corpuscules de Dirac à masse nulle, ou d'un ensemble de couples de tels corpuscules, puisque l'onde n'est pas normée, confondus avec leurs lacunes, et liés par (4); les densités de spin sont nulles.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les vibrations collectives d'une structure « en couches » de particules.* Note de M. **Adnan Mouhasseb** présentée par M. Louis de Broglie.

De nombreux travaux ont été consacrés à la recherche d'une justification de la description collective du noyau atomique telle qu'elle a été proposée par Bohr et Mottelson ([1]). Malgré ses imperfections, un modèle simple a permis à divers auteurs ([2]), ([3]), ([4]) de dégager quelques traits caractéristiques des mouvements collectifs d'un noyau. Dans ce modèle les particules sont supposées se mouvoir dans un champ moyen fluctuant au cours du temps, le champ moyen et ses fluctuations étant supposés « self consistent ». Bien que le problème de la « self-consistence » n'ait pas encore été résolu le modèle a néanmoins apporté des indications qualitatives importantes. En particulier, il a été montré ([2]), ([4]), que l'hamiltonien collectif proposé initialement par A. Bohr ne convient que pour la description des couches complètes. Par ailleurs Bohr et Mottelson ([3]) ont montré que pour des couches incomplètes le caractère des rotations collectives est considérablement modifié, les moments

d'inertie au voisinage d'une déformation d'équilibre étant de l'ordre de ceux d'un corps solide avec la même distribution de masse. La comparaison avec les données expérimentales montre que ces moments d'inertie rigides sont 2 à 3 fois trop grands. Bohr et Mottelson ont interprété cette situation en tenant compte des corrélations dans le mouvement des nucléons résultant de forces résiduelles.

Un autre aspect particulièrement intéressant de la dynamique collective est celui des vibrations au voisinage d'une déformation d'équilibre ([5]). Le paramètre important dans la description de ces mouvements est le coefficient B associé à la masse transportée par le flux collectif. Les récentes données empiriques ([6]) révèlent que, là encore, l'approximation hydrodynamique ne convient pas, les valeurs empiriques du coefficient B étant de l'ordre de 10 à 20 fois plus grandes que les valeurs hydrodynamiques. Dans cette Note nous voulons attirer l'attention sur le fait que pour des couches incomplètes le coefficient B peut aussi prendre des valeurs considérablement plus élevées que celles correspondant à des couches complètes ([7]).

Pour simplifier l'exposé nous ne considérerons ici que des déformations quadrupolaires conservant la symétrie axiale. Si l'on désigne par δ le paramètre caractérisant cette déformation, l'énergie collective de vibration prend, dans le cadre de l'approximation adiabatique, la forme

$$T_{\text{vib.}} = \frac{1}{2} B \dot{\delta}^2,$$

avec

$$B(\delta) = 2\hbar^2 \sum_{n'} \frac{\left| \left\langle n \left| \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \delta} \right| n' \right\rangle \right|^2}{(E_{n'} - E_n)^3},$$

où $\mathcal{H}$ est l'Hamiltonien décrivant le mouvement des nucléons dans le potentiel moyen fluctuant. L'accroissement considérable des moments d'inertie lorsqu'on passe d'une couche complète à une couche incomplète résulte de la contribution d'états intermédiaire $|n'\rangle$ à l'intérieur de la couche. Les énergies d'excitation de ces états sont en général beaucoup plus faibles que les énergies d'excitation ($\sim \hbar\omega$) hors de la couche et, par leur présence aux dénominateurs des expressions donnant les moments d'inertie, accroissent considérablement la valeur de ces derniers. Cependant si l'on s'en tient au potentiel d'oscillateur anisotrope il n'en va pas de même pour le coefficient B, la forme de $\partial\mathcal{H}/\partial\delta$ conduit à des règles de sélection qui n'autorisent que des transitions dans des états $|n'\rangle$ hors de la couche, avec des énergies d'excitation de l'ordre de $2\hbar\omega$. Il en est tout autrement si le potentiel contient des interactions capables de provoquer un mélange des états de l'oscillateur, par exemple si l'on tient compte du couplage spin-orbite ([8]). Pour illustrer l'effet que nous soulignons

ici, nous considérerons l'hamiltonien

$$\mathcal{H} = \hbar\omega \sum_p \left\{ \frac{1}{2}(-\nabla_p^2 + r_p^2)\left(1 + \frac{1}{9}\delta^2\right) - \frac{3}{4}\sqrt{\frac{\pi}{5}}\,\delta r_p^2 Y_2^0(\theta_p, \varphi_p) - 2\varkappa\,\vec{l}_p.\vec{S}_p \right\}.$$

Les états $|n\rangle$ sont alors en général de la forme (⁹)

$$|\alpha\Omega\rangle = \sum_N \sum_l \sum_{\Lambda+\Sigma=\Omega} a^{\alpha}_{Nl\Lambda\Sigma}(\delta)\,|Nl\Lambda\Sigma\rangle,$$

où les $|Nl\Lambda\Sigma\rangle$ sont les états propres de l'oscillateur isotrope. Nous évaluerons B en supposant la première couche $S_{1/2}$ remplie et que le sous-état $\Omega = 1/2$ de la première couche $P_{3/2}$ est seul occupé. Nous écrirons B sous la forme

$$B = B_i + B_e,$$

où B_e désigne la contribution des excitations faisant sortir un nucléon hors de sa couche et B_i représente l'excitation d'un nucléon à l'intérieur de la couche $N = 1$.

A la fois B_i et B_e sont aisément évalués si l'on admet que la déformation est négligeable et que l'on a des vibrations au voisinage de la forme sphérique ($\delta = 0$).

Les coefficients $a^{\alpha}_{Nl\Lambda\Sigma}(\delta)$ se réduisent alors à des coefficients de Clebsch-Gordan et l'on obtient

$$B_i = B_i(0) = \frac{4\hbar}{3^5\varkappa^2\omega},$$

$$B_e = B_e(0) = \frac{\hbar}{\omega}\left(\frac{1}{2} + \mathcal{O}(\varkappa)\right) \qquad \text{pour} \quad \varkappa \ll \hbar\omega.$$

On constate que pour des valeurs suffisamment petites de $\varkappa$, le paramètre d'inertie B peut être pratiquement uniquement déterminé par B_i. C'est le cas si l'on adopte pour $\varkappa$ la valeur 0,05 choisie par Nilsson, on a alors :

$$B_i \sim 250\,B_e$$

B_e est assez peu différent de ce qu'il serait pour la couche fermée $N = 0$. Les corrélations dans le mouvement des nucléons dues aux forces résiduelles peuvent cependant atténuer assez considérablement l'effet.

Une analyse détaillée des conséquences des remarques ci-dessus sera publiée ultérieurement.

(¹) *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 27, 1953, N 16.
(²) D. Inglis, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 1059 et 97, 1955, p. 701.
(³) *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 30, 1955, N 1.
(⁴) A. Mounhasseb, *Comptes rendus*, 242, 1954, p. 2111.
(⁵) M. Jean et L. Wilets, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1198; L. Wilets et M. Jean, *Phys. Rev.*, 102, 1956, p. 788.

([6]) Temmer et Heydenburg, (à paraître); K. Alder, A. Bohr, Huns, B. Mottelson et A. Winther (à paraître).

([7]) S. A. Moskowski, *Phys. Rev.*, 103, 1956, p. 1328.

([8]) Nous devons cette remarque à M. Maurice Jean.

([9]) S. G. Nilsson, *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 29, 1955, N 16.

RELATIVITÉ. — *Sur l'emploi des coordonnées isothermes pour déterminer les équations du mouvement en Relativité générale.* Note de M. **Pham Tan Hoang**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'emploi des coordonnées isothermes conduit à des équations du mouvement, différentes de celles obtenues, par Einstein, Infeld et Hoffman, avec des conditions de coordonnées linéarisées.

1. Dans la méthode d'Einstein, Infeld et Hoffman ([1]) pour l'obtention des équations du mouvement en Relativité générale, il est fait usage d'un système de coordonnées qui n'est qu'approximativement isotherme. Ces auteurs ont montré que les équations du mouvement sont indépendantes des conditions de coordonnées. La démonstration ne semble pas très convaincante.

On sait l'importance en Relativité générale des coordonnées isothermes. Définies par les relations

$$\Delta_2 x^\lambda = -g^{\alpha\beta}\left\{ \begin{matrix}\lambda\\ \alpha\beta\end{matrix} \right\} = 0, \tag{1.1}$$

où $g_{\alpha\beta}$ est le tenseur fondamental, ces coordonnées ont un sens physique profond, par le fait qu'elles interdisent aux dérivées secondes des potentiels, les discontinuités en dehors des variétés caractéristiques ([2]).

Nous avons donc repris sur le conseil de Mme M. A. Tonnelat, la méthode d'Einstein, Infeld et Hoffman en utilisant les conditions d'isothermie (1.1). Les notations sont celles de ces auteurs, sauf pour les dérivées partielles qui seront désignées par $\partial_\alpha = \partial/\partial x^\alpha$, $\partial_{\alpha\beta} = \partial^2/\partial x^\alpha \partial x^\beta$. $\alpha, \beta, \ldots$ tout indice grec $= 0, 2, 3$; $i, j, \ldots$ tout indice latin $= 1, 2, 3$.

2. Les hypothèses suivantes sont faites. Les potentiels de gravitation $g_{\alpha\beta}$ sont voisins des potentiels euclidiens $\eta_{\alpha\beta}$ de Minkowski. Les différences $g_{\alpha\beta} - \eta_{\alpha\beta} = h_{\alpha\beta}$ se développent en fonction d'un paramètre λ $(= 1/c$, c vitesse de la lumière) suivant

$$h_{00} = \lambda^2 \underset{2}{h}_{00} + \lambda^4 \underset{4}{h}_{00} + \ldots, \qquad h_{0i} = \lambda^3 \underset{3}{h}_{0i} + \lambda^5 \underset{5}{h}_{0i} + \ldots, \qquad h_{ij} = \lambda^2 \underset{2}{h}_{ij} + \lambda^4 \underset{4}{h}_{ij} + \ldots.$$

Les vitesses des particules matérielles sont petites devant c, de telle sorte qu'on peut poser $\partial_0 = \lambda \underset{1}{\partial_0}$, où $\underset{1}{\partial_0}$ est du même ordre de grandeur que ∂_i.

3. Soit $R_{\alpha\beta}$ le tenseur de Ricci de l'espace-temps. Les équations

$$R^*_{\alpha\beta} \equiv R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\eta_{\alpha\beta}\eta^{\lambda\rho}R_{\lambda\rho} = 0$$

sont équivalentes aux équations du cas extérieur $R_{\alpha\beta}=0$. En introduisant $\gamma_{\alpha\beta}=h_{\alpha\beta}-(1/2)\eta_{\alpha\beta}\eta^{\lambda\rho}h_{\lambda\rho}$, on peut les mettre sous la forme

$$-2R^{*}_{00}=-\Delta\gamma_{00}+2\Lambda_{00}=0 \qquad (\Delta=\partial_{rr}), \tag{3.1}$$

$$-2R^{*}_{\mu k}=[\partial_l(\partial_k\gamma_{\mu l}-\partial_l\gamma_{\mu k}-\delta_{\mu k}\partial_r\gamma_{lr}+\delta_{\mu l}\partial_r\gamma_{kr})]+2\Lambda_{\mu k}=0, \tag{3.2}$$

où le crochet est une quantité en divergence, et $2\Lambda_{\alpha\beta}$ à une approximation donnée joue le rôle d'une quantité connue.

Einstein, Infeld et Hoffmann ont montré que dans la détermination des champs par approximation, si l'équation (3.1) est toujours intégrable, il n'en est pas ainsi des équations (3.2), dont l'intégrabilité n'est assurée que sous certaines conditions, qui s'écrivent

$$\overset{k}{C}_{\mu}\equiv\frac{1}{4\pi}\int_{S_k}2\Lambda_{\mu r}n^r\,dS=0, \tag{3.3}$$

S_k étant une surface fermée entourant seulement la $k^{\text{ième}}$ particule. Ce sont précisément les conditions $\overset{k}{C}_m=0$ qui donnent les équations du mouvement.

4. On ne diminue pas la généralité en se limitant au cas simple de deux particules $\overset{k}{P}(k=1, 2)$ de coordonnées d'espace (η^r) et (ζ^r). Dans la première approximation, la solution des équations du champ est alors [*cf.* ([1])]

$$\underset{2}{\gamma}_{00}=2\underset{1}{\varphi}=2(f+g), \qquad \underset{3}{\gamma}_{0m}=-2(f\dot{\eta}^m+g\dot{\zeta}^m),$$

où

$$f=-2\underset{2}{\overset{1}{m}}/\overset{1}{r},\ g=-2\underset{2}{\overset{2}{m}}/\overset{2}{r},\ \dot{\eta}^m=\underset{1}{\partial_0}\eta^m,\ \dot{\zeta}^m=\underset{1}{\partial_0}\zeta^m;$$

$\overset{k}{r}$ est la distance du point (x^r) à $\overset{k}{P}$.

Les constantes d'intégration jouent le rôle de masses (en première approximation) des particules. L'équation $\underset{3}{\overset{k}{C}}_0=0$ montre que $\underset{2}{\overset{k}{m}}$ ne dépend pas du temps.

On retrouve dans $\underset{4}{\overset{k}{C}}_m=0$ les équations du mouvement de la Mécanique classique

$$\underset{4}{\overset{1}{C}}_m=4\underset{2}{\overset{1}{m}}\left(\ddot{\eta}^m+\frac{1}{2}\tilde{\partial}_m g\right)=0, \qquad \underset{4}{\overset{2}{C}}_m=4\underset{2}{\overset{2}{m}}\left(\ddot{\zeta}^m+\frac{1}{2}\tilde{\partial}_m f\right)=0, \tag{4.1}$$

où

$$\tilde{\partial}_m g=(\partial_m g)_{x^r=\eta^r}, \qquad \tilde{\partial}_m f=(\partial_m f)_{x^r=\zeta^r}.$$

5. Dans la deuxième approximation, on a

$$\left\{\begin{array}{l}\Delta\underset{4}{\gamma}_{mn}=\partial_m\underset{1}{\varphi}\,\partial_n\underset{1}{\varphi}+\frac{1}{2}\delta_{mn}\partial_s\underset{1}{\varphi}\,\partial_s\underset{1}{\varphi}, \qquad \Delta\underset{4}{\gamma}_{00}=2\underset{1\,1}{\partial_{00}}\underset{1}{\varphi}-\frac{1}{2}\partial_s\underset{1}{\varphi}\,\partial_s\underset{1}{\varphi},\\ \qquad\qquad \Delta\underset{5}{\gamma}_{0m}=\underset{1\,1}{\partial_{00}}\underset{3}{\gamma}_{0m}+2\,\partial_m\underset{3}{\gamma}_{0s}\,\partial_s\underset{1}{\varphi}-3\,\partial_m\underset{1}{\varphi}\,\underset{1}{\partial_0}\underset{1}{\varphi},\end{array}\right. \tag{5.1}$$

$$\left\{\begin{array}{l}\left(g^{\alpha\beta}\left\{{m \atop \alpha\beta}\right\}\right)_4=\partial_r\underset{4}{\gamma}_{rm}-\underset{1}{\partial_0}\underset{3}{\gamma}_{0m}-\underset{1}{\varphi}\,\partial_m\underset{1}{\varphi}=0,\\ \left(g^{\alpha\beta}\left\{{0 \atop \alpha\beta}\right\}\right)_5=-\partial_r\underset{5}{\gamma}_{0r}+\underset{1}{\partial_0}\underset{4}{\gamma}_{00}+\underset{3}{\gamma}_{r0}\,\partial_r\underset{1}{\varphi}-\underset{1}{\varphi}\,\underset{1}{\partial_0}\underset{1}{\varphi}=0.\end{array}\right. \tag{5.2}$$

Nous intégrons les équations du champ (5.1) en cherchant une solution particulière des équations avec second membre, à laquelle il faut ajouter la solution générale constituée par les fonctions harmoniques, des équations homogènes. Ces fonctions harmoniques seront déterminées par les conditions de coordonnées (5.2) et par la condition d'intégrabilité $\overset{k}{\underset{s}{C}}{}_0 = 0$. Nous obtenons dans le voisinage de la première particule, par exemple

$$\begin{aligned}
\underset{4}{\gamma}_{mn} &= -\frac{1}{4}\overset{1}{r}{}^2\,\partial_m f\,\partial_n f + \frac{1}{2}f^2\,\delta_{mn} \\
&\quad + \frac{1}{2}\left[f(x^m-\eta^m)\,\tilde{\partial}_n g + f(x^n-\eta^n)\,\tilde{\partial}_m g + f(x^s-\eta^s)\,\tilde{\partial}_s g\,\delta_{mn} + O(\overset{1}{r})\right] + \alpha_{mn} f, \\
\underset{4}{\gamma}_{rr} &= \frac{5}{4}\varphi^2 + \alpha f + \beta g, \\
\underset{4}{\gamma}_{00} &= -2\underset{2}{\overset{1}{m}}\,\partial_{\substack{00\\11}}\overset{1}{r} - 2\underset{2}{\overset{2}{m}}\,\partial_{\substack{00\\11}}\overset{2}{r} - \frac{1}{4}\varphi^2 - 4\underset{4}{\overset{1}{m}}/\overset{1}{r} - 4\underset{4}{\overset{2}{m}}/\overset{2}{r}, \\
\underset{5}{\gamma}_{0m} &= 2\underset{2}{\overset{1}{m}}\,\partial_{\substack{00\\11}}(\overset{1}{r}\dot{\eta}^m) + 2\underset{2}{\overset{2}{m}}\,\partial_{\substack{00\\11}}(\overset{2}{r}\dot{\zeta}^m) + \frac{1}{4}\overset{1}{r}{}^2\,\partial_m f\,\partial_s f\,\dot{\eta}^s - \frac{1}{4}f^2\dot{\eta}^m \\
&\quad + \frac{1}{2}\left[f(x^s-\eta^s)\,\tilde{\partial}_m g(3\dot{\eta}^s - 4\dot{\zeta}^s) + f(x^m-\eta^m)\,\tilde{\partial}_s g(-4\dot{\eta}^s + 3\dot{\zeta}^s) + O(\overset{1}{r})\right] + \alpha_{0m} f,
\end{aligned}$$

où

$$\alpha_{mn} = 2\dot{\eta}^m\dot{\eta}^n + \delta_{mn}\tilde{g}, \qquad \alpha = 2\dot{\eta}^s\dot{\eta}^s + \frac{1}{2}\tilde{g}, \qquad \beta = 2\dot{\zeta}^s\dot{\zeta}^s + \frac{1}{2}\tilde{f},$$

$$\underset{4}{\overset{1}{m}} = \frac{1}{2}\underset{2}{\overset{1}{m}}\left(\dot{\eta}^s\dot{\eta}^s + \frac{1}{2}\tilde{g}\right), \qquad \underset{4}{\overset{2}{m}} = \frac{1}{2}\underset{2}{\overset{2}{m}}\left(\dot{\zeta}^s\dot{\zeta}^s + \frac{1}{2}\tilde{f}\right), \qquad \alpha_{0m} = -\dot{\eta}^s\dot{\eta}^s\dot{\eta}^m + \tilde{g}\dot{\eta}^m - 2\tilde{g}\dot{\zeta}^m.$$

les symboles $\tilde{g}$, $\tilde{\partial}_{mg}$ et $\tilde{f}$, $\tilde{\partial}_{mf}$ désignent les valeurs de g, ∂_{mg} pour $x^r = \eta^r$ et celles de f, ∂_{mf} pour $x^r = \zeta^r$.

Portant cette solution dans $2\underset{6}{\Lambda}_{mn}$, il vient après calcul

$$\begin{aligned}
(5.3)\quad \underset{6}{\overset{1}{C}}{}_m &\equiv \frac{1}{4\pi}\int_{S_1} 2\underset{6}{\Lambda}_{mr} n^r\, dS = -4\underset{2}{\overset{1}{m}}\underset{2}{\overset{2}{m}} \\
&\quad \times \left\{ \left[\left(1+\frac{2}{15}\right)\dot{\eta}^s\dot{\eta}^s + \frac{3}{2}\dot{\zeta}^s\dot{\zeta}^s - 4\dot{\eta}^s\dot{\zeta}^s - 4\underset{2}{\overset{2}{m}}/r - 4\underset{2}{\overset{1}{m}}/r\right]\frac{\partial}{\partial\eta^m}\frac{1}{r} \right. \\
&\quad \left. + \left[4\dot{\eta}^s\dot{\zeta}^m - \left(4-\frac{4}{15}\right)\dot{\eta}^s\dot{\eta}^m + 3\dot{\eta}^m\dot{\zeta}^s - 2\dot{\zeta}^s\dot{\zeta}^m\right]\frac{\partial}{\partial\eta^s}\frac{1}{r} + \frac{1}{2}\frac{\partial^3 r}{\partial\eta^s\partial\eta^r\partial\eta^m}\dot{\zeta}^s\dot{\zeta}^r \right\}
\end{aligned}$$

où r est la distance des deux particules. On a une expression analogue pour $\underset{6}{\overset{2}{C}}{}_m$. Les équations du mouvement du sixième ordre, obtenues avec l'emploi des coordonnées isothermes sont

$$\lambda^4\underset{4}{\overset{k}{C}}{}_m + \lambda^6\underset{6}{\overset{k}{C}}{}_m = 0,$$

où $\underset{4}{\overset{k}{C}}{}_m$ et $\underset{6}{\overset{k}{C}}{}_m$ ont les valeurs (4.1) et (5.3). En comparant (5.3) avec le résultat correspondant d'Einstein, Infeld et Hoffman, on voit que les mêmes termes figurent, mais avec quatre coefficients numériques différents. C'est une preuve que les équations du mouvement ne sont pas indépendantes des conditions de coordonnées.

(1) EINSTEIN, INFELD et HOFFMAN, *Ann. Math.*, 39, 1938, p. 65; EINSTEIN et INFELD, *Canada J. Math.*, 1, 1949, p. 209.

(2) G. DARMOIS, *Mémorial des Sciences Mathématiques*. Fasc. XXV, 1927, p. 19. Gauthier-Villars.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilités magnétiques principales des chlorures anhydres de cobalt et de nickel.* Note (*) de MM. **HENRI BIZETTE**, **CLAUDE TERRIER** et **BELLING TSAÏ**, présentée par M. Gaston Dupouy.

La chaleur spécifique des composés $CoCl_2$ et $NiCl_2$ présente une anomalie à une température T_λ respectivement égale à 24,9 et 52°K (1). Différents auteurs (2) ayant, à partir de mesures effectuées sur des poudres, déterminé, en fonction de la température, les valeurs de la susceptibilité moyenne, il nous a semblé nécessaire de compléter leurs résultats, en mesurant sur des monocristaux les susceptibilités principales.

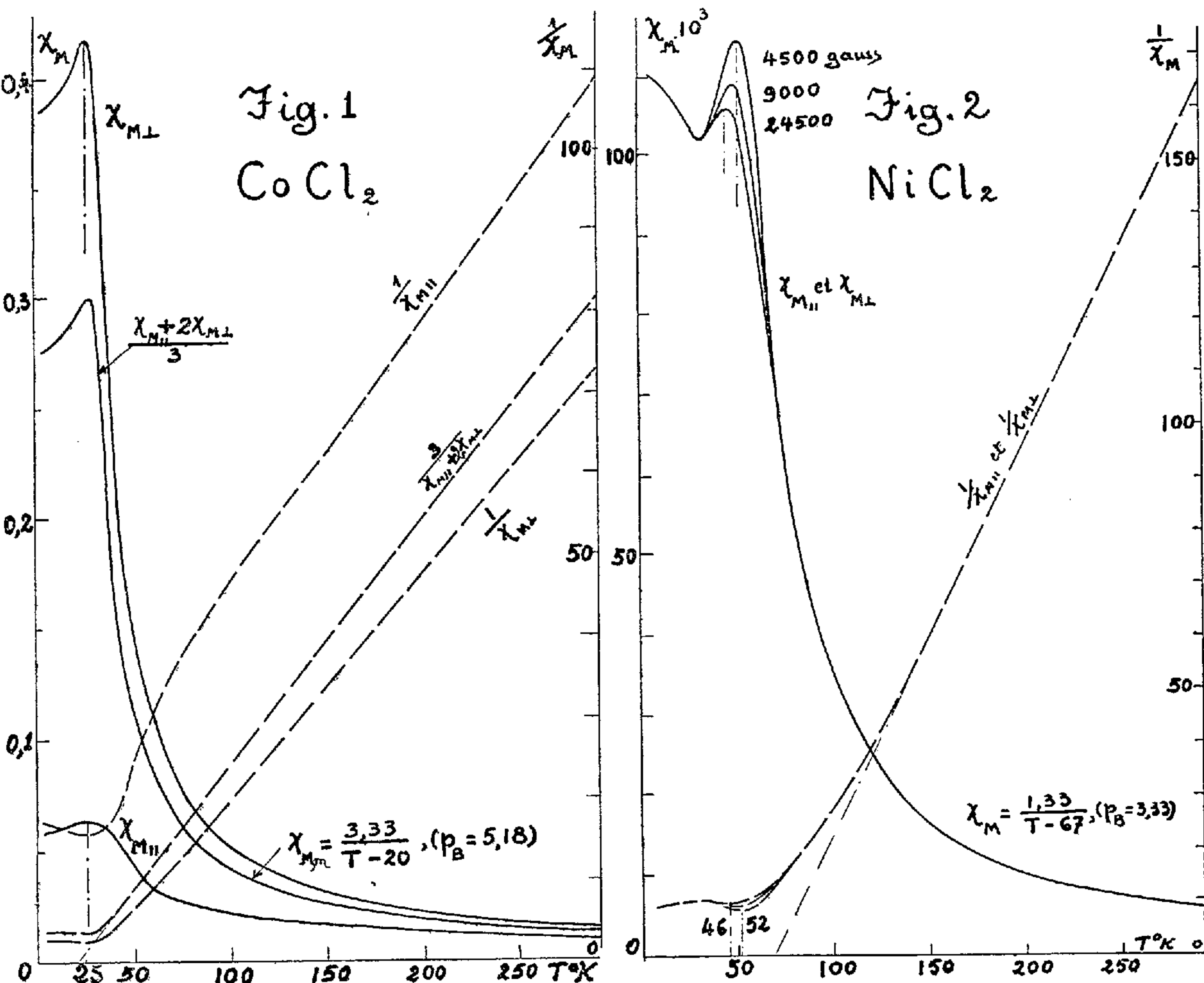
1° Dans le cas $CoCl_2$, la susceptibilité $\chi_\perp$, mesurée quand le champ est normal à l'axe ternaire, est, dans tout l'intervalle de température étudié, supérieure à la suceptibilité $\chi_\parallel$, mesurée quand le champ est parallèle à l'axe (*fig.* 1). Les susceptibilités passent à 25°K par un maximum, accusé pour $\chi_\perp$, applati pour $\chi_\parallel$. Les mesures magnétiques confirment les résultats de l'étude du spectre de diffraction neutronique (3). Au-dessous de 25°K, $CoCl_2$ est antiferromagnétique, les moments des ions Co^{2+} étant dirigés normalement à l'axe ternaire.

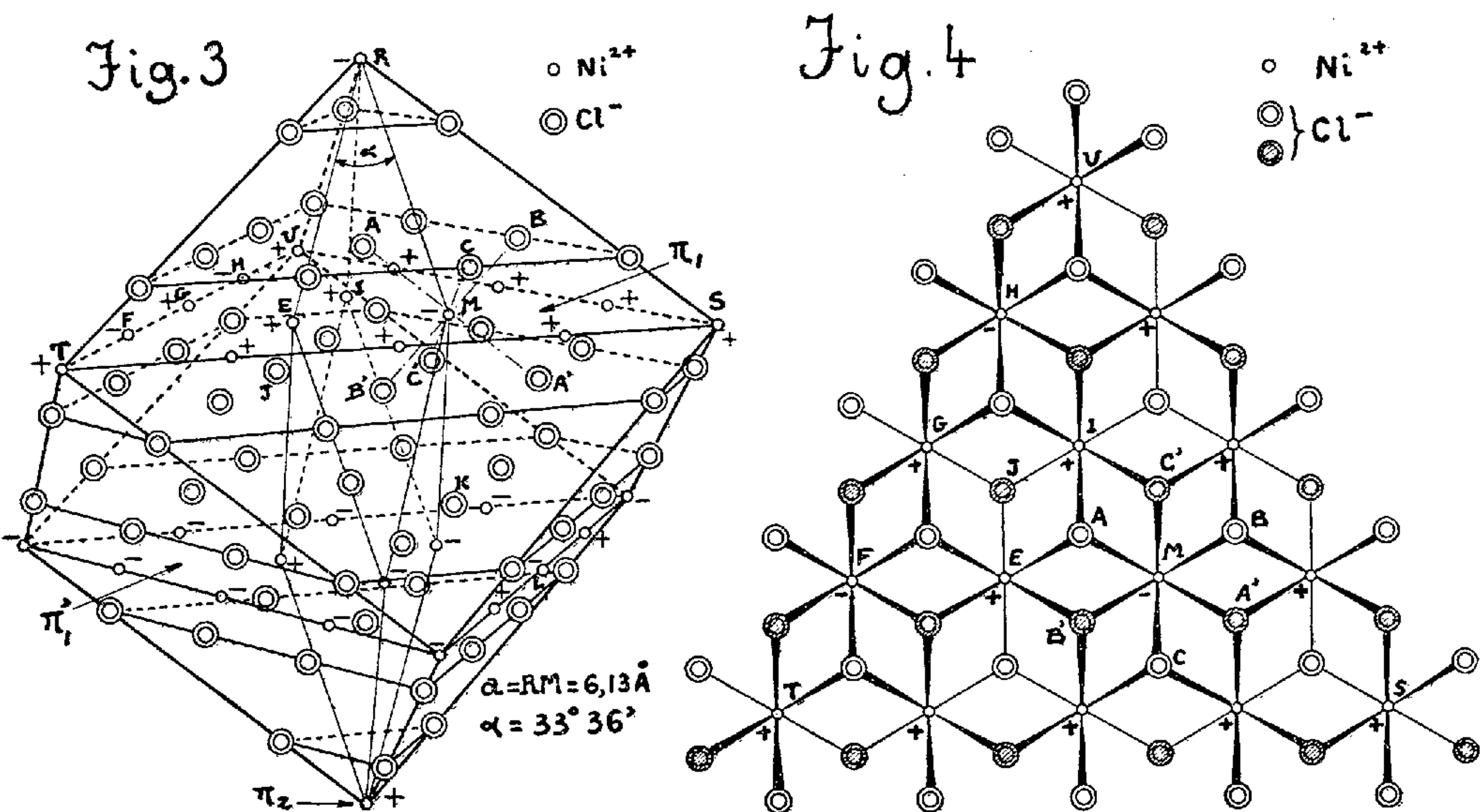
2° Entre 2 et 300°K, alors que les susceptibilités principales du chlorure de cobalt diffèrent notablement, le chlorure de nickel est magnétiquement isotrope, résultats prévus par van Vleck (4), pour les températures supérieures à T_λ, dans le cas de composés ioniques de cobalt et de nickel dans lesquels les cations sont hexacoordonnés. La susceptibilité du chlorure de nickel, fonction décroissante du champ entre 70 et 33°K, passe par un maximum à une température d'autant plus basse que le champ est plus intense, et par un minimum à 33°K (*fig.* 2).

3° La structure des chlorures de cobalt et de nickel est semblable à celle du chlorure ferreux (5). Aux températures inférieures à T_λ, le réseau peut être subdivisé en 16 sous-réseaux cubiques antiferromagnétiques (6).

a. Dans le cas du chlorure de cobalt, les données magnétiques sont compatibles à la fois avec la structure représentée sur la figure 3, où les moments des ions affectés du signe — sont antiparallèles aux moments des ions affectés du signe + (et dirigés normalement à l'axe ternaire), et avec une structure analogue à celle du chlorure ferreux, dans laquelle les moments des ions d'un plan Π_1 sont dirigés dans le même sens, suivant une direction normale à l'axe ternaire, et les plans successifs Π_1, Π'_1, Π_2, Π'_2,..., aimantés alternativement en sens opposé. Une analyse détaillée du spectre de diffraction neutronique permettra de préciser la façon dont les 16 sous-réseaux sont coordonnés.

b. Dans chaque couche, normale à l'axe ternaire, formée d'un plan de cations, tels que Π_1, disposé entre deux plans d'ions Cl^-, l'orientation relative





des moments est, pour la structure représentée sur la figure 3, semblable à celle indiquée sur la figure 4. Dans le cas du chlorure de nickel, il semble que l'ordre correspondant, favorisé par le caractère covalent plus prononcé des liaisons entre un atome métallique et les atomes de chlore qui l'entourent, tende à s'établir dès la température de 70° K, supérieure à la température T_λ d'apparition des liaisons qui créent l'antiferromagnétisme. Celles-ci coordonnent les différents plans Π_1, Π'_1, Π_2, Π'_2, ..., en ne mettant en jeu que les atomes de chlore (tels que J et K) qui n'interviennent pas dans les liaisons covalentes (l'échange indirect entre les ions G et L, appartenant respectivements aux plans Π_1 et Π'_1, par l'intermédiaire des anions J et K, tend à rendre leurs moments antiparallèles). Par suite, dans chacun des sous-réseaux, un atome tel que R n'étant pas lié de la même façon aux 6 atomes S, T, U, S', T', U', qui l'entourent, on ne peut utiliser la notion de champ moléculaire, et l'on conçoit que la susceptibilité passe par un minimum.

Au-dessous de T_λ, chaque file d'atomes affectés alternativement des signes + et — (telle que TFGHU) se trouve disposée entre deux files d'atomes, affectés du signe + (files +) dans les plans Π_1, Π_2, ..., et du signe — (files —) dans les plans Π'_1, Π'_2, ... Au-dessus de T_λ, entre 70° K et T_λ, le champ magnétique tend à orienter suivant sa propre direction les atomes des files + et —, de telle sorte que T_λ se déplace vers les basses températures quand l'intensité du champ augmente.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) Trapeznikowa, Schubnikow et Miljutin, *Phys. Z. Sowjetunion*, 9, 1936, p. 237; Busey et Giauque, *J. Amer. Chem. soc.*, 74, 1952, p. 4443.

(2) Woltjer, *Leiden Comm.*, 173 *b*, 1925; Woltjer et Kamerling Onnes, *Leiden Comm.*, 173 *c*, 1925; de Haas et Schultz, *Leiden Comm.*, 256 *d*. 1939; de Haas, Schultz et Mlle Koolhaas, *Leiden Comm.*, 259 *a*, 1940; Starr, Bitter et Kaufmann, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 977.

(3) Wilkinson et Cable, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, (2), 1, n° 4, 1956, p. 190.

(4) *Phys. Rev.*, 41, n° 3, 1932, p. 208.

(5) Pauling et Hoard, *Z. Kryst.*, 74, 1930, p. 546; Ferrari, Celeri et Giorgi, *Rend. R. Accad. Lincei*, 9, 1929, p. 782.

(6) H. Bizette, C. Terrier et B. Tsaï, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 895.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Étude de la longueur efficace d'une lentille magnétique quadrupolaire et de ses variations dans l'entrefer.* Note de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Définitions.* — Désignons par O le centre géométrique de la lentille, Oz l'axe optique, zOX et zOY les plans de symétrie méridiens ne coupant pas les pôles. En tous les points du plan $z = 0$ la direction du champ est perpendiculaire à Oz; sur les axes OX et OY elle est parallèle à OY et OX respecti-

vement; sur Ox et Oy elle est dirigée suivant ces axes, les composantes B_X et B_Y étant égales. On appellera « gradient transversal » les expressions $\partial B_X/\partial Y$ (ou $\partial B_Y/\partial X$). Nous avons déterminé les répartitions de ce gradient suivant l'axe, et des parallèles à l'axe, dans les divers plans de symétrie. Elles ont la forme de courbes en cloche au sommet très aplati, semblables à celles des répartitions de champ transverse B_X (ou B_Y) déjà publiées [1], [2]. Le calcul des éléments optiques de la lentille peut s'effectuer simplement en les remplaçant par un rectangle tel que les valeurs B'_0 du gradient en $z = 0$ soient égales et que l'aire des deux courbes soit la même. On définit ainsi sur chaque parallèle à Oz la « longueur efficace » $L_{(B')}$, relative au gradient, de la lentille simple équivalente à la lentille réelle

$$L_{(B')} = \frac{1}{B'_0}\int_{-\infty}^{+\infty} B'_{(z)}\,dz,$$

$B'_{(z)}$ désignant la valeur du gradient en un point quelconque de cette parallèle à Oz.

On peut généraliser cette définition en opérant de même sur les répartitions de champ transversal, mesurées sur des parallèles à Oz. Une formule analogue donne alors une longueur efficace relative au champ $L_{(B)}$; B'_0 est remplacé par B_0 valeur du champ pour $z = 0$.

2. *Méthodes de mesure.* — Nous avons étudié en détail les variations de ces deux quantités à partir des mesures précises du champ transverse et de son gradient effectuées par des procédés distincts [2], dans les plans de symétrie.

En ce qui concerne $L_{(B)}$, un procédé commode pour en suivre les variations consiste à utiliser une bobine tournante très longue, formée de spires rectangulaires étroites, dont la longueur est parallèle à Oz et à l'axe de rotation, et dont les extrémités sont en dehors du champ. Dans notre cas : 12 spires de 700 mm de long et 5 mm de large, tournant à 1500 t/mn. Le signal V est proportionnel à l'intégrale $I = \int_{-\infty}^{+\infty} B\,dz$, prise le long de l'axe de rotation. La valeur de B_0 est rigoureusement proportionnelle à la distance r à l'axe $B_0 = rB'_0$. Connaissant B'_0 on en tire $L_{(B)} = I/B'_0 r$.

3. *Principaux résultats.* — *a.* Les deux longueurs $L_{(B)}$ et $L_{(B')}$ sont pratiquement confondues dans tout l'espace utile, à la précision des mesures près (1 % environ).

$$L_{(B)} = L_{(B')} = L.$$

b. Dans la lentille étudiée en premier lieu [1] avec un cercle de gorge $a = 40$ mm, et une longueur réelle de pièces polaires $l = 150$ mm on a, sur l'axe et dans son voisinage $L = L_0 \# 195$ mm. Avec un autre modèle, obtenu en modifiant seulement l'extrémité des pièces polaires et tel que $a = 60$ mm, on obtient $L_0 \# 208$ mm (les supports de pièces polaires et la carcasse restent

identiques). On voit donc que pour un calcul approché, on pourra prendre : $L_0 \# l + a$.

c. La longueur efficace L diminue lentement lorsqu'on s'éloigne de l'axe (*fig.* 1) : la lentille est donc moins convergente sur les bords, d'où une aberration

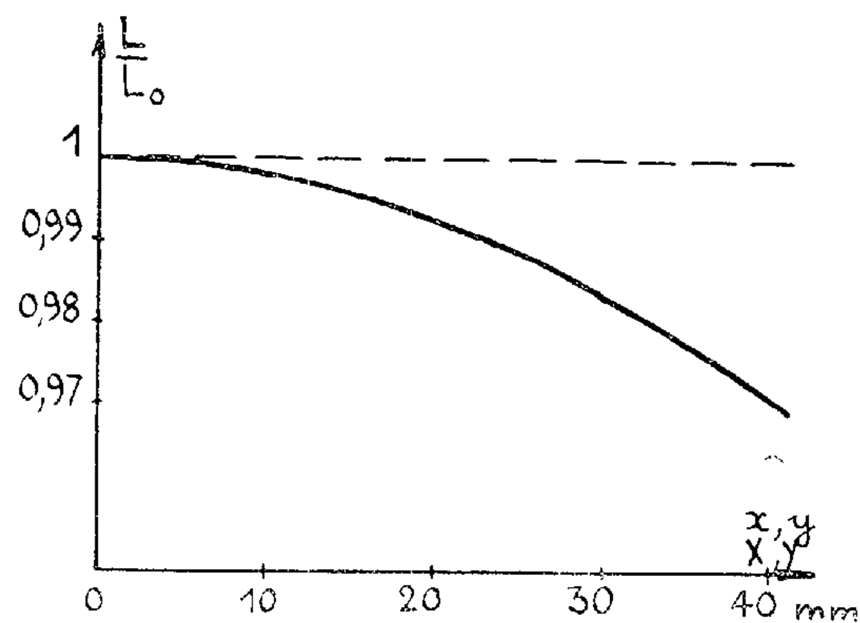


Fig. 1.

sphérique négative. Dans le premier modèle, cette décroissance est la même dans toutes les directions : la répartition de L est de révolution autour de Oz et se conserve à toutes les intensités de fonctionnement, tout au moins dans la région linéaire de la caractéristique champ-courant de la lentille. Dans le

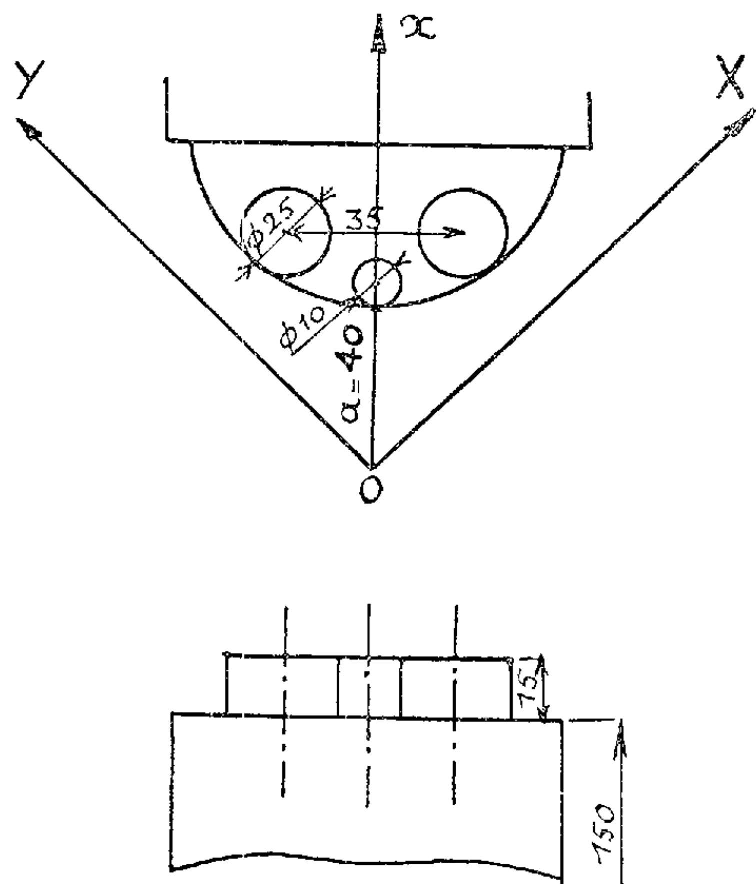


Fig. 2.

modèle modifié, L décroît encore de façon continue dans les plans zOX et zOY, mais reste sensiblement constante dans les plans zOx et zOy : la répartition a donc la périodicité de $\pi/2$ de la lentille lorsqu'on tourne sur des cercles centrés sur O z.

4. *Correction des variations de* L. — Nous avons pu annuler la variation de convergence du modèle n° 1 en disposant aux extrémités des pièces polaires des masselottes de fer doux. La figure 2 en donne les dimensions et la position, déterminées par tâtonnements successifs, en utilisant la bobine tournante longue et la figure 3 montre le résultat obtenu : L ne varie plus dans les

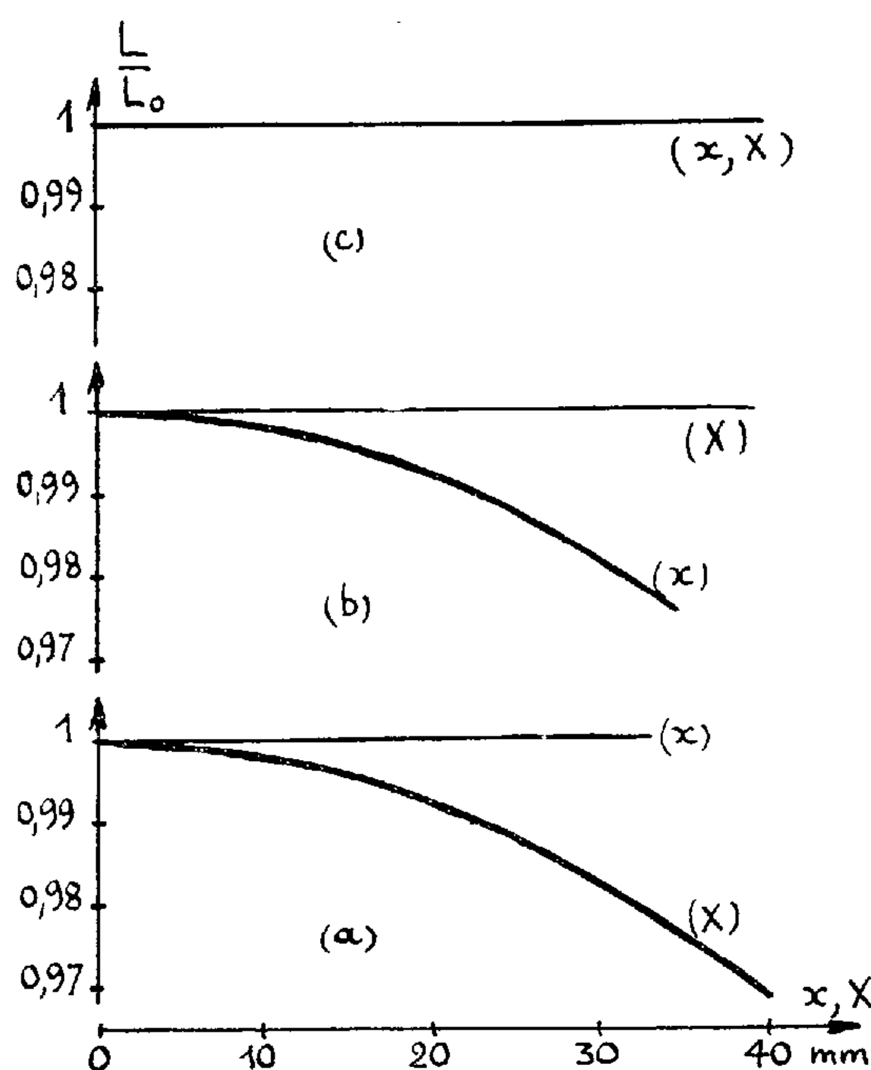


Fig. 3.

plans OX et OY, mais décroît toujours suivant Ox et Oy si l'on se contente des deux pièces latérales (*fig.* 3*b*); la masselotte centrale a un effet opposé (3*a*). Avec les trois masselottes, L est parfaitement constante dans toutes les directions (3*c*). Pour le deuxième modèle, deux masselottes latérales suffisent. On a alors corrigé l'une des causes importantes d'aberration d'ouverture.

(1) A. Septier, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 132.
(2) A. Septier, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1026.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Amélioration du pouvoir de résolution du microscope électronique à émission.* Note de MM. **Charles Fert** et **René Simon**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Description d'un montage nouveau pour microscopie électronique à émission. Ce montage permet d'obtenir un champ élevé sur la cathode et comporte un diaphragme pour limiter l'ouverture des faisceaux. La résolution expérimentale est actuellement de 300 Å, les électrons étant émis par bombardement ionique de la cathode.

Il est bien connu que, pour améliorer le pouvoir de résolution d'un microscope électronique à émission ([1]), il faut réaliser un champ E_0 aussi élevé que possible sur la cathode et limiter l'ouverture α des faisceaux utiles.

Nous proposons un montage nouveau qui comporte un diaphragme pour limiter α, et qui permet d'obtenir sur la cathode un champ E_0 plus élevé que les montages habituels.

Principe du montage proposé. — La cathode K est placée face à une anode plane A, percée d'un trou de diamètre petit devant l'intervalle Δ entre la cathode et l'anode. Dans ces conditions, le champ qui règne entre la cathode et l'anode est sensiblement uniforme et égal à $E_0 = V/\Delta$ si V est la différence de potentiel accélératrice. E_0 n'est pas limité par la présence d'une électrode de Wehnelt et peut atteindre toute valeur inférieure à la tension de claquage, 100 à 150 kV/cm par exemple.

Dans l'intervalle Δ, les trajectoires sont paraboliques. La perturbation du champ uniforme par le petit trou percé dans l'anode est équivalente à une lentille divergente. Le système constitué par l'espace d'accélération et l'anode percée donne de la cathode une image virtuelle K_1, de grandissement 2/3, située à la distance $K_1K = \Delta/3$. Le « cross-over » C est également virtuel, à la distance $C_1A = 4\Delta$ de l'anode (*fig.* 2 et 3) ([2]).

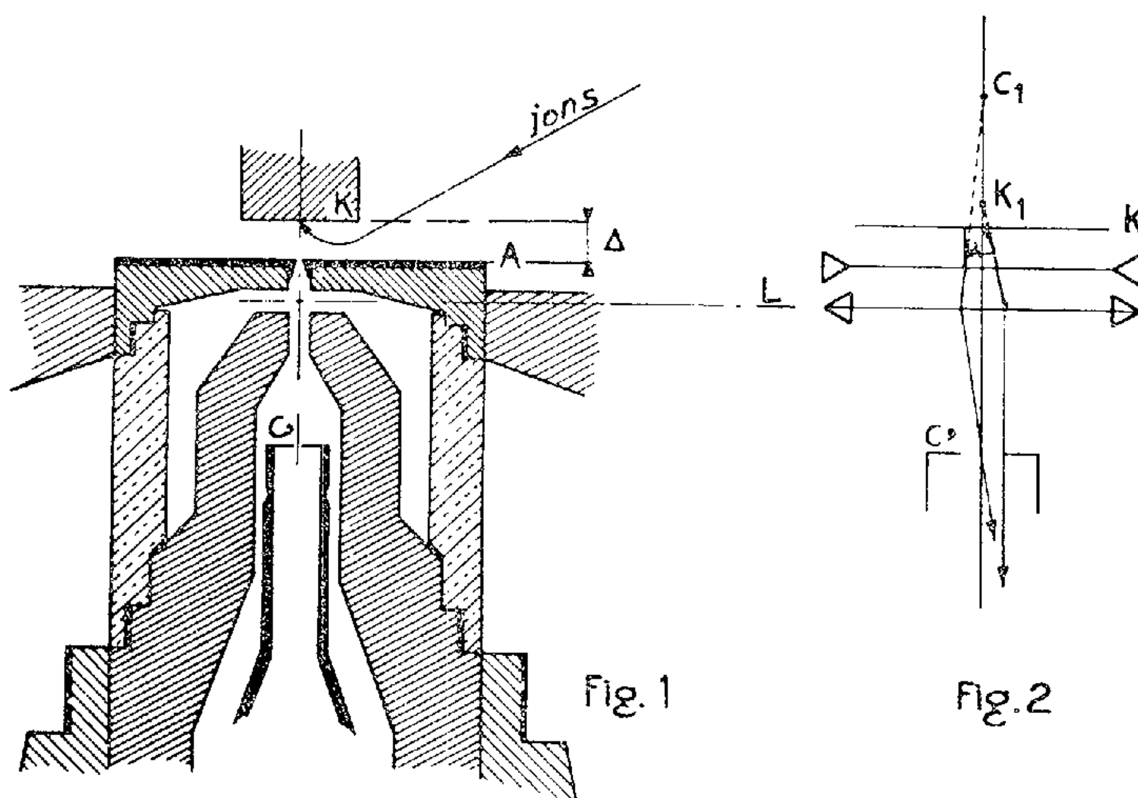


Fig. 1 Fig. 2

Une lentille magnétique ([3]) dont les pièces polaires sont représentées sur la figure 1 est plaquée contre l'anode, de manière que le plan médian de l'entrefer soit aussi près que possible de K_1. Cette lentille donne de K_1 une image à l'infini, et du « cross-over » C_1 une image C'. Un diaphragme centrable et dont la position est réglable le long de l'axe est disposé en C' pour limiter α.

Pour obtenir sur l'écran final un grandissement réglable, « l'objectif

à émission » composite que nous venons de décrire est suivi, comme dans un microscope électronique par transmission, d'une lentille intermédiaire

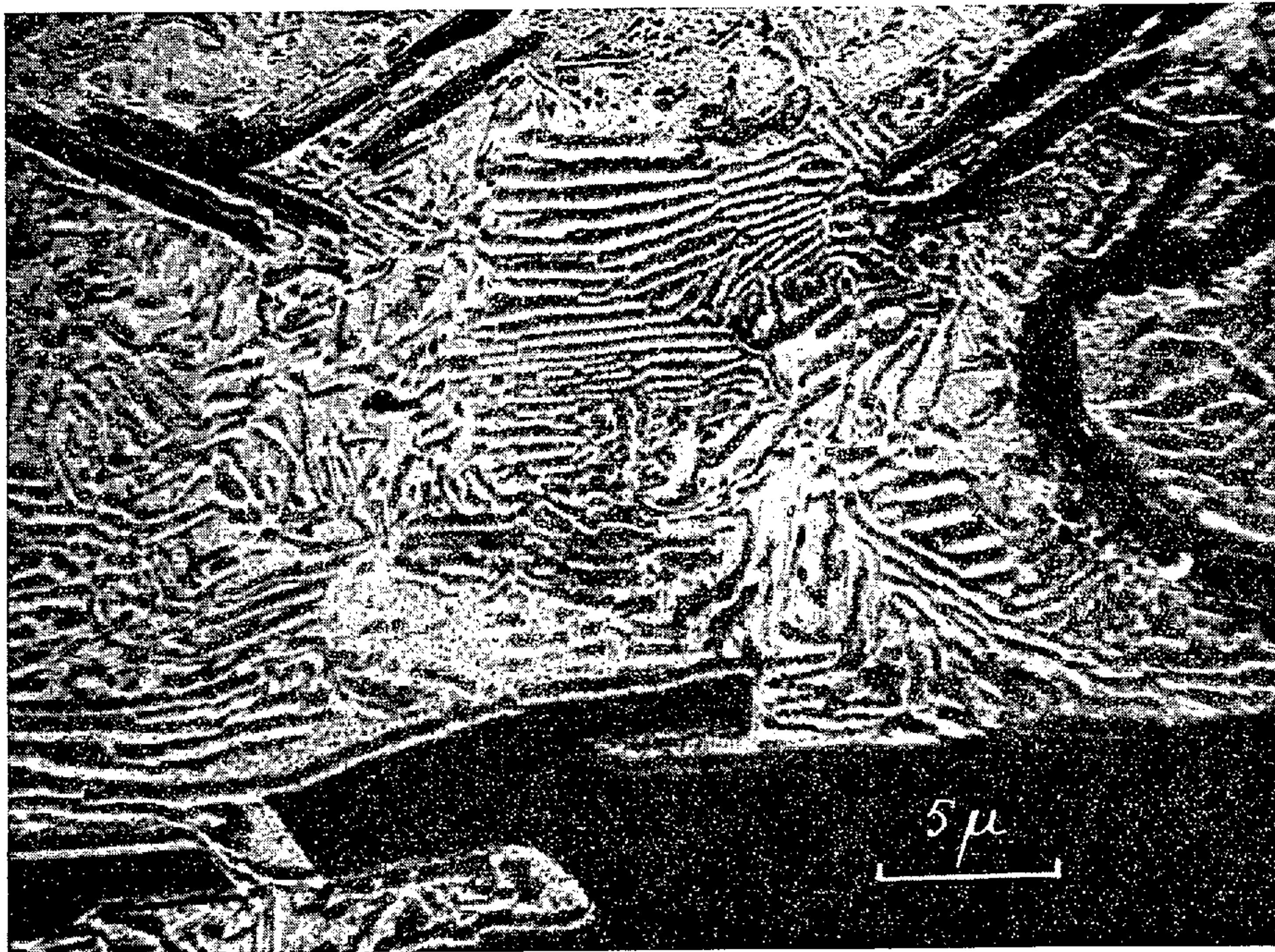


Fig. 3.

et d'un projecteur, éléments normaux d'un banc d'optique électronique. L'accès au diaphragme d'objectif et aux pièces polaires est possible sans démontage.

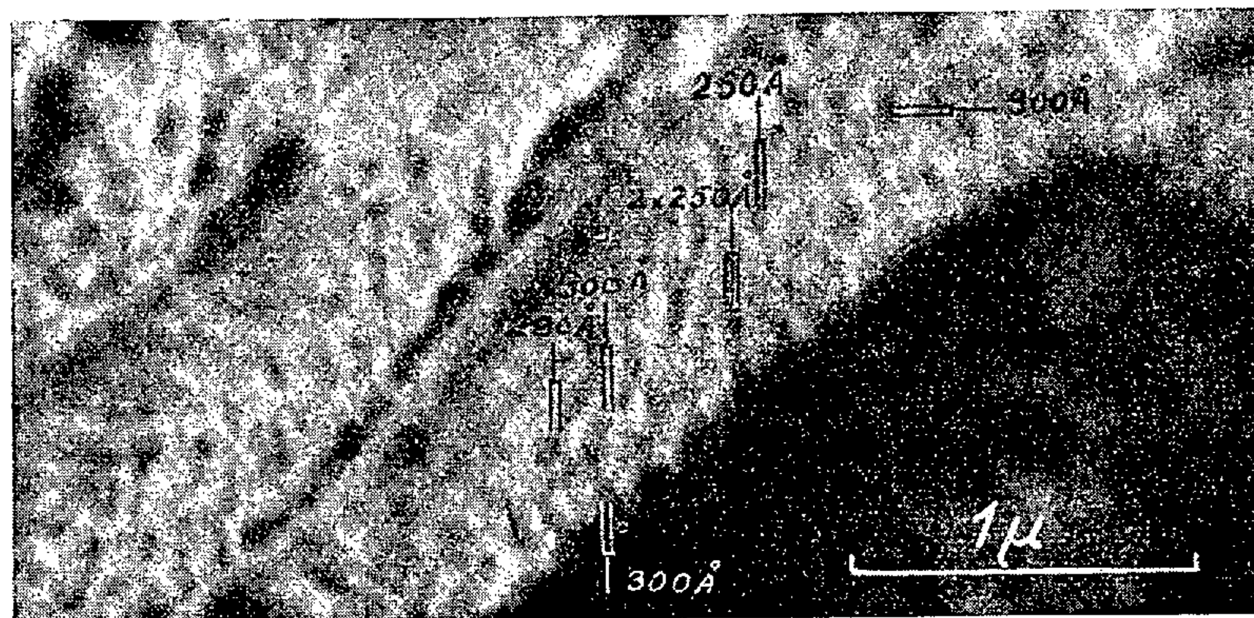


Fig. 4.

Premiers essais : émission par bombardement ionique de la cathode. — Le montage proposé est valable quel que soit le mode d'émission. Pour de

premiers essais, nous avons utilisé l'émission par bombardement ionique dont Möllenstedt et ses collaborateurs ([4]) ont montré l'intérêt.

A cet effet, un canon à ions projette sur la cathode un faisceau d'ions. Ce canon peut être alimenté par différents gaz : air, argon, etc.

La figure 3 est l'image d'une fonte blanche perlitique. Il est intéressant de comparer cette image à celle du même échantillon obtenue en microscopie électronique par réflexion ([5]). En microscopie électronique par réflexion, le contraste des images est dû essentiellement à la géométrie de la surface de l'objet. La sensibilité au relief du microscope électronique à émission est plus faible, mais l'émission secondaire d'électrons est fonction de la nature chimique et de l'état physique de la zone bombardée par les ions, ce qui constitue une cause de contraste plus intéressante pour une étude métallographique.

La résolution expérimentale (*fig.* 4) est de 250 Å. Les recherches se poursuivent en vue d'obtenir la résolution théorique ([6]), que ce nouveau montage permet d'espérer.

([1]) *Voir* par exemple : A. SEPTIER, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 573.

([2]) *Voir* par exemple : C. FERT, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 83 A.

([3]) Il est possible d'utiliser dans les mêmes conditions une lentille électrostatique.

([4]) D. JONES, *Les techniques récentes en microscopie électronique et corpusculaire*, (C. N. R. S., 1955).

([5]) C. FERT, B. MARTY et R. SAPORTE, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1975.

([6]) La résolution théorique est voisine de 100 Å. Nous le montrerons dans un prochain exposé, où nous ferons une analyse détaillée du rôle du diaphragme, compte tenu de la dispersion d'énergie des électrons.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre Raman et structure de la phase* IV *du nitrate d'ammonium.* Note de Mlle **DENISE PENOT**, MM. **HENRI POULET** et **JEAN-PAUL MATHIEU**, présentée par M. Jean Cabannes.

La phase IV du nitrate d'ammonium NH_4NO_3 est stable entre $-18°$ et $+32°$ C. On obtient difficilement des cristaux limpides d'un volume de plusieurs centimètres cubes, en évaporant à 18° C des solutions saturées, additionnées d'ammoniaque. Les cristaux appartiennent au groupe V_h^{13}(P*mmn*); la maille contient 2 molécules ([1]). Tous les ions NO_3^- et NH_4^+ ont pour symétrie propre C_{2v}, l'axe binaire étant parallèle à l'axe *c* de la maille. Le plan de clivage facile contient les axes *a* et *c*; le plan des axes optiques, les axes *b* et *c*.

Les 27 oscillations principales actives en diffusion se répartissent comme il suit entre les types de symétrie (notation de Placzek) : $9\,A_{1g}$, $3\,B_{1g}$, $8\,B_{2g}$, $7\,B_{3g}$.

On peut distinguer 15 oscillations internes, dérivées des oscillations fonda-

mentales d'un ion NO_3^- de symétrie D_{3h} et d'un ion NH_4^+ de symétrie T_d, en tenant compte de la symétrie propre et du couplage ([2]). On trouve ainsi les correspondances suivantes (notations de Herzberg) :

NO_3^- : $\nu_1 \rightarrow A_{1g}$, $\nu_2 \rightarrow B_{3g}$, ν_3 et $\nu_4 \rightarrow A_{1g} + B_{2g}$;
NH_4^+ : $\nu_1 \rightarrow A_{1g}$, $\nu_2 \rightarrow A_{1g} + B_{1g}$, ν_3 et $\nu_4 \rightarrow A_{1g} + B_{2g} + B_{3g}$.

Les 12 oscillations externes actives s'obtiennent à partir des mouvements d'ensemble des ions NO_3^- et NH_4^+, chaque ion ayant 6 degrés de liberté. On peut distinguer, par commodité, des oscillations de rotation et de translation. Les six premières (notées R dans le tableau suivant) se font autour des axes $a(B_{3g})$, $b(B_{2g})$ et $c(B_{1g})$; celles des ions NO_3^- autour des axes a et c doivent être fortement actives; la troisième peu, de même que celles des ions NH_4^+. Les six oscillations de translation (notées T) se font suivant les axes $a(B_{2g})$, $b(B_{3g})$ et $c(A_{1g})$.

Les résultats expérimentaux sont les suivants :

Fréquences en cm^{-1}....	85	141	166	170	713	715	1043	1287	1414
Intensité	TF	TF	f	TF	m	m	F	m	m
Type..................	B_{3g}	B_{3g}	A_{1g}	B_{1g}	A_{1g}	B_{2g}	A_{1g}	?	B_{2g}
Origine..............	$T_b + R_a NO_3$		T_c	$R_c NO_3$	$\nu_4 NO_3$		$\nu_1 NO_3$	$\nu_3 NO_3$	$\nu_4 NH_4$

Fréquences en cm^{-1}....	1462	1472	1656	2860-2930	3070	3130
Intensité............	m	f	f	m	m	F
Type..................	B_{2g}	A_{1g}	A_{1g}	Complexe	B_{2g}	A_{1g}
Origine..............	$\nu_4 NH_4$	$\nu_4 NH_4$	$\nu_2 NH_4$	$2\nu_4 NH_4$	$\nu_2 + \nu_4$ (?)	$\nu_1 NH_4$

Fréquences en cm^{-1}....	3190	3230	3250
Intensité............	F	F	F
Type..................	B_{2g}	A_{1g}	B_{3g}
Origine..............		$\nu_3 NH_4$	

L'accord avec les prévisions théoriques faites en partant de la structure de Hendricks et en admettant l'approximation d'ordre zéro ([3]) est assez bon. Cependant, nous avons constaté les écarts suivants : La raie 1043 cm^{-1} a une polarisation anormale, comme dans les cristaux de nitrate de sodium ou de potassium. Les tenseurs correspondant aux raies 1472 cm^{-1} et 3230 cm^{-1} devraient avoir des composantes ε_{aa} et ε_{bb} égales; or, pour la première, $\varepsilon_{aa} \ll \varepsilon_{bb}$ et c'est le contraire pour la seconde. La raie à 1287 cm^{-1}, attribuée à la vibration ν_3 de NO_3^- et qui devrait se comporter comme la vibration ν_4, n'a pas la polarisation attendue. La vibration ν_4 de NH_4^+ donne un doublet de type B_{2g} (1414-1462 cm^{-1}) : ce dédoublement est peut-être dû à l'existence de deux positions d'équilibre de l'ion, analogues à ce qui existe dans le cas bien connu de NH_3. Les vibrations B_{3g} dérivées de cette même vibration n'ont pas été observées.

Les fréquences supérieures à 3 000 cm^{-1} ne sont définies qu'avec une incertitude atteignant 10 cm^{-1} en plus ou en moins de la valeur indiquée : elles donnent en effet de larges bandes, que seuls l'emploi de monocristaux et l'étude de la polarisation permet de résoudre en leurs constituants, comme le montre la comparaison des résultats ci-dessus avec ceux obtenus précédemment [4]. Dans cette région, le spectre de diffusion est aussi bien mieux résolu que le spectre d'absorption infrarouge [5]. En particulier, l'existence de bandes ayant un type de symétrie bien déterminé nous permet de conclure que les ions NH_4^+ n'ont pas une orientation complètement désordonnée, ou une rotation isotrope, contrairement à ce qu'on a pu supposer [5]. Toutefois, les données du spectre de diffusion ne seraient pas incompatibles avec l'existence d'une rotation autour de l'axe *c*, à condition d'admettre que la maille élémentaire contient quatre molécules et de renoncer à l'interprétation du doublet 1414-1462 cm^{-1}.

[1] S. B. HENDRICKS, E. POSNJAK et F. C. KRACEK, *J. Amer. Chem. Soc.*, 54, 1932, p. 2766.

[2] L. COUTURE et J. P. MATHIEU, *J. Phys. Rad.*, 10, 1949, p. 145.

[3] *Voir* par exemple l'étude analogue de l'anhydrite, L. COUTURE, *J. Phys. Rad.*, 9, 1948, p. 84.

[4] H. VOLKRINGER, M. FREYMANN et R. FREYMANN, *Comptes rendus*, 207, 1939, p. 1005.

[5] R. NEWMAN et R. S. HALFORD, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1276.

SPECTROSCOPIE. — *Analyse des bandes de* NH_2 *observées dans la partie visible du spectre de l'ammoniac, à partir de l'étude des spectres de comètes.* Note de M. **PAUL PROISY**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Les principales émissions de la bande α de l'ammoniac ont été observées en absorption par Herzberg et Ramsay [1], et les modifications du spectre que ces auteurs ont observées en remplaçant N^{14} par N^{15} et H par D leur ont permis d'attribuer définitivement ces émissions au radical NH_2.

L'examen des spectres de l'ammoniac que l'on obtient au laboratoire sous des pressions et avec des excitations variées montre que les bandes de NH_2 ont toujours été observées simultanément. Si l'on poursuit la recherche de ces bandes dans les meilleurs spectres de comètes, j'ai signalé [2] que leur comportement permettait de les classer en deux groupes bien distincts :

A. Bandes 4925, 5429, 5703, 5976 et 6300 Å, toujours présentes dans les spectres de comètes.

B. Bandes 4719, 5166 et 5707 Å, qui, au contraire, n'y ont jamais été observées.

2. J'ai étudié les structures du spectre de l'ammoniac au voisinage des bandes de NH_2, en utilisant les spectres obtenus avec une excitation réduite, dont j'ai fait une description détaillée [3]. Au-delà de 5700 Å, j'ai en outre utilisé des spectres plus dispersés, obtenus avec une excitation encore plus faible,

et à partir desquels les longueurs d'onde λ ont pu être déterminées à 0,5 Å près environ. (Dispersion : 20 Å/mm à 30 Å/mm de 5700 à 6300 Å.)

En tenant compte du comportement dans les spectres des comètes des raies qui forment des structures au voisinage des bandes 6300, 5707-03 et 5166 Å, on met en évidence l'existence de deux systèmes de bandes très voisines de NH_2 (systèmes I et II). La composition des bandes à laquelle j'ai été conduit est indiquée dans le tableau qui suit (entre parenthèses : l'intensité des raies que j'ai observée); pour le système I, la distance des raies (en cm^{-1}) est rapportée à la première raie de la bande; rappelons que, sauf pour les raies larges (L) ou diffuses (*d*), l'erreur commise sur λ entraîne une erreur sur les nombres d'ondes ν de 1,2 à 2 cm^{-1}.

Système I :

a.			*b.*			*c.*		
λ.	*i.*	*d*ν.	λ.	*i.*	*d*ν.	λ.	*i.*	*d*ν.
6360,2	(3)		5753,1	(5,5)		5203,1	(5)	
45,3	(3)	36,9	41,0	(4)	36,6	5193,8	(4)	34,4
34,6	(4)	63,6	31,6	(4)	65,2	85,7	(5)	64,4
20,6	(2)	98,5	20	(3 L)	100,6	77,1	(5 *d*)	96,5
		(51,7)			(52,1)			(55,7)
6300,0	(6 L)	-	5703,0	(4)		5162,2	(3)	
6285,6	(2)	36,4	-	-	-	53,2	(1)	33,8
74,5	(3)	64,5	5681,4	(3)	66,6	45,4	(3 *d*)	63,2
(61,5)	(1,5)	97,6	(71,5)	(2)	97,3	(36,3)	(0,5)	97,7

Système II :

a.			*b.*			*c.*		
λ.	*i.*	*d*ν.	λ.	*i.*	*d*ν.	λ.	*i.*	*d*ν.
			5757,1	(3)		5206,5	(1)	
					152,4			150,2
6304,8	(2)		5707	(6 L)		5166,1	(6)	
		93,6			92,6			95,2
6267,8	(5)		5677	(4)		40,9	(4)	
		16,0			17,0			17,1
61,5	(1,5)		71,5	(2)		36,3	(0,5)	

Dans les bandes I*a* et I*b*, seules les deux raies les plus faibles (indiquées entre parenthèses) n'ont pas été observées dans les spectres de comètes; la présence des raies de la bande I*c* dans ces spectres ne peut par contre être vérifiée que pour la moitié d'entre elles en raison de la présence de bandes de C_2 dans le même domaine spectral. Les raies 6 261,5, 5 671,5 et 5 136,3 ont été attribuées au système II puisqu'elles n'ont jamais été observées dans les spectres de comètes, mais on constate qu'elles complètent les séquences 6 300, 5 703 et 5 162 Å semblables aux séquences qui les précèdent. Ces raies appartiennent sans doute au système I dans lequel je les ai rétablies entre parenthèses,

leur intensité relativement faible justifie une lacune d'observation dans les spectres des comètes.

L'absence de la bande 4718 Å dans les spectres de comètes l'apparente aux bandes du système II; la raie 4752,0 ($i=2$) et les raies faibles 4698,5 ($i=1$) et 94,4 ($i=1$) peuvent être retenues pour former une bande II *d*. Par contre, on ne peut associer de raies pour former la bande correspondante I *d*, mais dans cette région d'autres raies intenses non identifiées sont présentes.

Parmi les nombreuses autres raies du spectre de l'ammoniac, d'autres structures, semblables aux bandes des systèmes I et II, peuvent être mises en évidence, c'est le cas des bandes I*e*-I*f* et II*e*-II*f*, dont la composition est indiquée ci-dessous :

Bande I*e*.			Bande I*f*.			Bande II*e*.			Bande II*f*.		
λ.	*i*.	*d*ν.	λ.	*i*.	*d*ν.	λ.	*i*.	*d*ν.	λ.	*i*.	*d*ν.
59,0	(3)		6018,3	(5)		6163,3	(2)		6022,0	(2)	
45,0	(2)	37,0	04,6	(2)	37,9						
35,2	(3)	63,0	5995	(4)	64,8			148,5			152,7
21,8	(5)	98,7	à 82	(0,5)	100,8						
		(50,8)			(53,2)	6107,4	(4)		5967,1	(2)	
02,8	(5)		5963	(3 L)				90,5			90,1
		68,5			68,4	6073,8	(2)				
								19,0			
77,4	(1)		5938,8	(2)		66,8	(2)		5935,2	(0,5)	

L'examen du comportement des raies de ces bandes dans les spectres de comètes est satisfaisant, sans être concluant en raison de l'intensité relativement faible des raies des bandes II*e* et II*f* et de la présence d'émissions de C_2 et de CN dans les spectres de comètes.

3. L'existence d'un double système d'émissions de NH_2 correspondant à des énergies très voisines conduit à des conclusions opposées à celles qu'avaient tirées Leach et Pannetier (4) qui, à partir de spectres de laboratoire, n'avaient pu séparer les deux systèmes. Dans le schéma indiqué par Mulliken pour représenter la structure électronique de NH_2 [*cf.* (5)] le niveau $^2A_1$ se trouverait d'après les observations faites à égale distance des niveaux $^2B_1$ et $^2B_2$, ce qui correspond à une grande valeur de l'angle de valence du radical NH_2. Le comportement des deux systèmes de bandes dans le spectre des comètes permet en outre d'identifier le système I avec la transition $^2A_1 \rightarrow {}^2B_1$, et le système II avec la transition $^2B_2 \rightarrow {}^2A_1$.

(1) *Discussions of the Faraday Society*, 14, 1953, p. 11.
(2) P. Proisy, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2920.
(3) P. Proisy, *Ann. Phys.*, 12e série, 8, 1953, p. 5; *Publ. Observ. de Lyon*, 3, no 20.
(4) *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 413.
(5) P. Swings, A. McKellar et R. Minkowski, *Atrophs. J.*, 98, 1943, p. 142.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Réversibilité et irréversibilité en résonance nucléaire*. Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous poursuivons ici l'étude commencée dans la Note précédente ([1]). On a :

$$\text{(II.1)}\qquad \sigma_{mm}(t) = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left\{\sum_{pq}(m^{(j)}\,|\,T^{(j)}(t)\,|\,p^{(j)})\,(q^{(j)}\,|\,T^{(j)*}(t)\,|\,m^{(j)})\,a_q^{(j)*}(0)\,a_p^{(j)}(0)\right\}.$$

Désignons par $\lambda(\vec{a})\,\delta\vec{a}$ le nombre de spins du liquide dont les $\vec{a}^{(j)}(0)$ sont compris entre $\vec{a}$ et $\vec{a}+\delta\vec{a}$. $\vec{a}^{(j)}(0)$ est le vecteur dont les composantes sont les amplitudes $a_m^{(j)}(0)$ de la fonction d'onde $\psi^{(j)}(0)$. Nous pourrons déduire la relaxation des spins à partir de l'équation de Schrödinger (II.1) à condition qu'il soit possible de choisir des intervalles $\delta\vec{a}$

α. suffisamment petits pour que l'on puisse confondre les fonctions d'onde des $\lambda(\vec{a})\,\delta\vec{a}$ spins dont les $\vec{a}^{(j)}(0)$ sont compris entre $\vec{a}$ et $\vec{a}+\delta\vec{a}$.

β. tels que pour la grande majorité d'entre eux

$$\text{(II.2)}\qquad \lambda(\vec{a})\,\delta\vec{a} \gg 1.$$

Ces conditions initiales nécessitent que le nombre N de spins du liquide soit infini. α et β étant supposées satisfaites, on aura :

$$\text{(II.3)}\qquad \sigma_{mm}(t) = \sum_{pq}\left\{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}(m^{(j)}\,|\,T^{(j)}(t)\,|\,p^{(j)})\,(q^{(j)}\,|\,T^{(j)*}(t)\,|\,m^{(j)})\right\}\sigma_{pq}(0)$$

$$= \sum_{pq}\overline{(m\,|\,T(t)\,|\,p)\,(q\,|\,T^{*}(t)\,|\,m)}\,\sigma_{pq}(0).$$

2. Nous portons dans (II.3) le développement de $T(t)$,

$$T(t) = e^{-\frac{iHt}{\hbar}} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{-i}{\hbar}\right)^n\int_0^t dt_n\int_0^{t_n} dt_{n-1}\ldots \times\int_0^{t_2} dt_1\, e^{-\frac{iH(t-t_n)}{\hbar}}\,V(t_n)\,e^{-\frac{iH(t_n-t_{n-1})}{\hbar}}\ldots V(t_1)\,e^{-\frac{iHt_1}{\hbar}}$$

et calculons $\sigma_{mm}(t)$ pour des temps $t > \tau_c$ où τ_c est le temps de corrélation de la fonction aléatoire $V(t)$. Tous les termes d'ordre impair en V sont négligeables. Nous écrirons ici les termes du deuxième ordre en V :

$$\text{(A)}\qquad \sigma_{mm}(t)-\sigma_{mm}(0) = \frac{-1}{\hbar^2}\sum_{\substack{p,l\\ p\neq m}}\frac{e^{i\omega_{mp}t}-1}{i\omega_{mp}}\int_0^{\infty}du\, e^{i\omega_{pl}u}\,\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,l)\,(l\,|\,V(0)\,|\,p)}\,\sigma_{pm}(0)$$

$$\text{(B)}\qquad -\frac{1}{\hbar^2}\sum_{l} t\int_0^{\infty}du\, e^{i\omega_{ml}u}\,\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,l)\,(l\,|\,V(0)\,|\,m)}\,\sigma_{mm}(0)$$

(C) $$-\frac{1}{\hbar^2}\sum_{\substack{q,l\\ q\neq m}}\frac{e^{i\omega_{qm}t}-1}{i\omega_{qm}}\int_{-\infty}^{0}du\, e^{i\omega_{ml}u}\overline{(q\,|\,V(u)\,|\,l)(l\,|\,V(o)\,|\,m)}\,\sigma_{mq}(o)$$

(D) $$-\frac{1}{\hbar^2}\sum_{l}t\int_{-\infty}^{0}du\, e^{i\omega_{ml}u}\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,l)(l\,|\,V(o)\,|\,m)}\,\sigma_{mm}(o)$$

(E) $$+\frac{1}{\hbar^2}\sum_{\substack{p,q\\ p\neq q}}\frac{e^{i\omega_{qp}t}-1}{i\omega_{qp}}\int_{-\infty}^{+\infty}du\, e^{i\omega_{mq}u}\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,p)(q\,|\,V(o)\,|\,m)}\,\sigma_{pq}(o)$$

(F) $$+\frac{1}{\hbar^2}\sum_{p}t\int_{-\infty}^{+\infty}du\, e^{i\omega_{mp}u}\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,p)(p\,|\,V(o)\,|\,m)}\,\sigma_{pp}(o).$$

Si l'on prend $t\gg\omega^{-1}$, les termes (A), (C), (E) seront négligeables devant les termes (B), (D) et (F) diagonaux de $\sigma(o)$. Le calcul des termes d'ordre $2n$ en V, nécessaire pour n'avoir à invoquer les conditions α et β qu'à l'instant initial, est beaucoup plus complexe et sera exposé dans une publication détaillée. Ce calcul montre que

γ. $\sigma_{mm}(t)$ ne dépend que des éléments diagonaux de $\sigma(o)$.

δ. les transitions d'ordre $2n$ s'obtiennent toutes à l'aide d'itérations de transitions du deuxième ordre. On en déduit que ($\tau_c\omega^{-1}<1$) :

(II.4) $$\frac{d\sigma_{mm}(t)}{dt}=-\frac{1}{\hbar^2}\sum_{l\neq m}\int_{-\infty}^{+\infty}du\, e^{i\omega_{ml}u}\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,l)(l\,|\,V(o)|\,m)}\,\sigma_{mm}(t)$$
$$+\frac{1}{\hbar^2}\sum_{p\neq m}\int_{-\infty}^{+\infty}du\, e^{i\omega_{mp}u}\overline{(m\,|\,V(u)\,|\,p)(p\,|\,V(o)\,|\,m)}\,\sigma_{pp}(t).$$

3. L'irréversibilité des échanges d'énergie spin-réseau est ainsi établie. La démonstration repose essentiellement sur la possibilité de prendre la moyenne sur les interactions spin-réseau à l'intérieur des différents intervalles δa, c'est-à-dire sur la condition β et ne s'applique ainsi qu'à un système de $N=\infty$ spins. Naturellement, il existe toujours des états initiaux pour lesquels β n'est pas satisfaite et à partir desquels il n'y a pas évolution directe vers l'équilibre.

Les équations (II.4) excluent les fluctuations des grandeurs macroscopiques $<M(t)>=$ Trace de $[\sigma(t)M]$: c'est la raison physique pour laquelle il est impossible de déduire mathématiquement (II.4) à partir de l'équation de Schrödinger pour un système ne comportant qu'un nombre fini N de spins. De plus, la théorie précédente montre clairement qu'un système de N spins en contact avec un thermostat ne se relaxe que si N est suffisamment grand. Dans le cas contraire, le système décrira des « cycles de Poincaré » tout à fait irréguliers, mais de plus en plus rétrécis lorsque N diminue. On pourra comparer nos résultats avec ceux de J. Eisenstein [2] qui avait montré, par intégration exacte de l'équation de Schrödinger, qu'un système de deux spins (!) ne se relaxe pas.

La faiblesse de notre théorie provient de ce qu'elle traite le thermostat

comme un système « classique », ce qui oblige à introduire des hamiltoniens $\mathcal{H}^{(j)}(t)$ fonctions explicites du temps. Naturellement, on a

$$\sum_{j=1}^{N=\infty} \mathcal{H}^{(j)}(t) \equiv \sum_{j=1}^{N} \mathcal{H}^{(j)}(-t),$$

à condition de ne pas distinguer entre eux les spins nucléaires (3). La théorie de Wangsness-Bloch possède l'avantage de traiter le thermostat comme un système quantique ayant une température finie, mais elle fait usage de l'artifice des phases en contradiction avec les lois mêmes du mouvement.

(1) J. Seiden, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1201.
(2) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 603.
(3) C'est-à-dire à une permutation entre indices j près.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le mécanisme de la dismutation du sesquioxyde en bioxyde de manganèse et ion manganeux.* Note (*) de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie l'influence de divers ions sur le phénomène de dismutation de Mn_2O_3 en MnO_2 et Mn^{++}, en particulier des ions tels que Fe^{3+} ou Cr^{3+} tendant à empêcher la formation de αMnO_2 et favorisant celle de γMnO_2.

Dans une Note précédente (1) il a été montré que, lors de la dismutation en milieu acide de Mn_2O_3 en MnO_2 et ion Mn^{2+}, nous pouvions obtenir soit la formation de αMnO_2, soit celle de γMnO_2. Pour tenter de préciser ce mécanisme nous avons étudié l'influence de divers ions introduits dans la solution acide. En particulier, nous avons bien mis en évidence le fait que l'introduction d'ions K^+ dans la solution acide d'attaque de Mn_2O_3 permettait normalement la formation de cryptomélane ou de αMnO_2. Par ailleurs, nous avons été amené à examiner l'influence d'autres cations, tels que Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Ni^{2+}, Co^{2+}, V^{4+}, introduits conjointement à l'ion K^+. Seuls les ions Fe^{3+} et Cr^{3+} paraissent avoir eu une influence contraire à celle de l'ion K^+. En effet, nous avons pu montrer que la formation de $MnO_2\alpha$ était, soit totalement arrêtée, soit très fortement atténuée grâce à la présence des ions Fe^{3+} et Cr^{3+} même en présence de l'ion K^+.

Dans la variété αMnO_2 obtenue en présence de K^+, nous avons pu mettre en évidence la présence effective de cet ion dans le réseau, conformément aux données de la cristallographie (2).

Par contre, si la dismutation était opérée en présence simultanée des ions K^+ et Fe^{3+} ou Cr^{3+}, nous n'avions plus d'ions K^+ dans le réseau, mais nous y trouvions les ions Fe^{3+} ou Cr^{3+}. Tout se passe donc comme si la présence des ions Fe^{3+} et Cr^{3+} empêchait les ions K^+ de s'introduire dans le réseau, ce qui a

pour résultat d'obtenir la variété γMnO_2 au lieu de αMnO_2. Les autres ions Al^{3+}, Ni^{2+}, Co^{2+} et V^4 se sont révélés par contre sans action vis-à-vis de l'ion K^+ et nous avons obtenu la variété αMnO_2 comme dans le cas où cet ion intervenait seul.

Nous avons pu, par ailleurs, enregistrer une certaine action de l'anion introduit avec le cation dans la solution acide. En particulier, dans le cas du fer, si nous introduisions l'ion à partir du chlorure, la quantité de fer nécessaire pour obtenir une action était nettement plus élevée. Par contre, les ions sulfurique et nitrique n'ont pas paru jouer un rôle dans nos expériences. Enfin, dans le cas de V^{4-}, introduit sous forme de chlorure, la dismutation a été tout-à-fait impossible, fait que nous devons reprendre pour tenter d'en saisir le mécanisme.

Dans l'état actuel de nos connaissances, le rôle des ions Fe^{3+} ou Cr^{3+} nous paraît difficile à interpréter. Toutefois il nous semble normal de penser que ces ions se placent dans le réseau du bioxyde soit en insertion, soit en substitution. Les liaisons de ces ions sont probablement plutôt de caractère ionique et de plus grande stabilité que les liaisons par ponts hydrogène qui existent dans le réseau de αMnO_2. Nous pouvons peut-être penser également que, lors de la dismutation, il y a évolution vers le réseau qui se formera à partir de réactions nécessitant le moins d'énergie. Enfin, notons que le rayon ionique cristallin pas plus que le caractère d'élément de transition ne semblent être des facteurs essentiels. Par contre, il est possible que l'état de solvatation des ions introduits puisse avoir un certain effet sur le mécanisme de ces phénomènes.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) J. Brenet, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2343.

(2) A. et A. M. Byström, *Acta Crist.*, 3, 1950, p. 146.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'étude du phénomène de solvatation par des mesures de réfraction spécifique.* Note de M. **Raymond Amiot**, transmise par M. Eugène Darmois.

L'étude des variations de la réfraction spécifique d'une solution en fonction de la concentration peut fournir des renseignements sur la solvatation du corps dissous, grâce à une modification convenable de la relation $r = cR + (1-c)R'$.

Aucune des méthodes d'investigation utilisées pour étudier la solvation des corps dissous, en particulier des ions, n'a cherché à tirer parti du phénomène de réfraction spécifique. La prise en considération de ce phénomène paraît cependant possible.

Rappelons que la réfraction spécifique r d'une solution de concentration c, s'exprime habituellement en fonction des réfractions spécifique R et R' du corps dissous et du solvant par la relation

$$r = cR + (1-c)R'. \qquad (1)$$

Cette relation ne paraît plus valable lorsqu'il y a solvatation. Nous proposons de la modifier en faisant intervenir les constituants réels de la solution, c'est-à-dire :

1° Le corps dissous (conc. c; réfr. spéc. R);

2° Le solvant lié aux molécules ou ions dissous (conc. mc; réfr. spéc. R″);

3° Le solvant libre (conc. $1-c-mc$; réfr. spéc. R′).

En écrivant que r est une propriété additive, il vient

$$r = cR + mcR'' + (1-c-mc)R' \tag{2}$$

soit, en posant $z = \frac{r-R'}{c}$,

$$z = R - R' + m(R''-R'). \tag{3}$$

R′ et r et par conséquent z, se calculent par la formule de Lorentz, à partir de mesures densimétriques et réfractométriques. Deux cas peuvent se présenter suivant que z dépend ou non de la concentration :

1° *z invariable.* — On peut conclure que les paramètres du second membre de (3), et en particulier m, sont des constantes. Mais l'interprétation la plus simple et probablement la plus rationnelle conduit à considérer le corps dissous comme non solvaté ($m=0$).

A titre d'exemple, le tableau donne pour quelques solutions aqueuses de saccharose de concentration c (exprimée en grammes par gramme de solution), les valeurs de R'_D et de r_D à 20°C [1] :

c.....	0,02	0,04	0,06	0,10	0,20	0,30
r.....	0,2061	0,2060	0,2061	0,2062	0,2061	0,2061

R′ = 0,2061.

On voit, qu'aux erreurs d'expériences près, r ne dépend pas de c. La réfraction spécifique R′ de l'eau étant considérée comme constante, z devrait varier en raison inverse de c. En réalité, il se trouve ici que r est sensiblement égal à R′ et cette circonstance particulière entraîne les identités suivantes :

$$z \equiv 0, \qquad R \equiv R', \qquad m \equiv 0, \qquad R'' \equiv R'.$$

La première identité (z invariable) suffit à établir, selon nous, que le saccharose ne s'hydrate pas. Les deux dernières identités confirment ce résultat.

2° *z variable.* — Il existe deux interprétations possibles : ou bien $m=0$ (pas de solvatation) et, d'après (3) les variations de z sont imputables uniquement aux variations de la réfraction spécifique R du corps dissous dont les molécules ou les ions se déforment en présence du solvant. Ou bien il y a solvatation et les paramètres R, R″, m doivent en général être considérés comme des fonctions de la concentration.

Calcul de m. — On a

$$m = \frac{z+R'-R}{R''-R'}, \tag{4}$$

z et R' sont connus, par contre, le calcul de R et R'' présente des difficultés. Nous nous bornerons ici à indiquer comment il peut être conduit dans le cas d'un corps *a priori* très solvaté (électrolyte dans l'eau).

Posons

$$(5) \qquad R = F(c) = R_0 + ac, \qquad R'' = G(c) = R''_0 + bc,$$

en limitant les développements des fonctions F et G.

Supposons que les molécules du solvant lié soient d'autant moins condensées et déformées que la concentration est plus faible. Cette hypothèse conduit pratiquement à écrire : $r = cR_0 + (1-c)R'$, en assimilant R''_0 à R' au voisinage de $c = 0$. Pour obtenir R_0 il suffit donc d'extrapoler (jusqu'à $c = 0$) la courbe (R, c) construite en utilisant les valeurs de R tirées de (1).

Admettons d'autre part, qu'aux très fortes concentrations, la quasi-totalité du solvant se trouve à l'état lié. La relation (2) se réduit alors à $r = cR + (1-c)R''$ d'où l'on peut tirer, connaissant r pour deux concentrations voisines des valeurs approchées de R et R''. Il devient dès lors possible de calculer approximativement a et b, R et R'', enfin m pour une solution quelconque.

Remarques. — 1. $R'' - R'$ étant très petit, il en résulte une erreur importante sur m. Cette erreur serait moindre en calculant des valeurs relatives.

2. On pourrait conduire le calcul d'une autre manière en admettant que les variations de R et R'' dépendent principalement de la partie du solvant lié qui se trouve au voisinage immédiat du corps dissous. Si cette partie reste immuable, quelle que soit la concentration, R et R'' peuvent en première approximation être considérés comme invariables, ce qui entraîne une relation de proportionnalité entre $z + R' - R$ et la masse d'hydratation.

Application. — A titre d'indication, voici quelques résultats relatifs à LiCl en solution aqueuse ([2]), pour $t = 16^\circ$ C, $\lambda = 2\,507$ Å et des concentrations variant de 0,22736 à 0,04994 (grammes par gramme de solution) :

a. z augmente avec la dilution de 0,02058 à 0,02642 ;

b. $R''_0 \neq R' = 0{,}23023$, $R_0 = 0{,}2567$, $a = -0{,}044$, $b = 0{,}0052$;

c. La masse m d'eau retenue par 1 g de LiCl varie de 3,4 g à 8,0 g lorsque la concentration décroît de 0,22736 à 0,04994 g/g. Le nombre d'hydratation (nombre de moles H^2_0 fixées par mole LiCl) varie donc de 8 à 19 environ.

Conclusion. — L'emploi de la méthode que nous avons suggérée est surtout conditionné par la précision des mesures de masse spécifique et d'indice de réfraction. La méthode ne paraît pas applicable aux solutions très diluées.

([1]) Pour les valeurs d'indice et de masse spécifique utilisées, cf. *Recueil de Constantes de la Société française de Physique*, 1913, p. 475.

([2]) Pour les valeurs d'indice et de masse spécifique utilisées dans les calculs, *cf.* BAYEN, *Indices de réfraction dans l'ultraviolet* (*Thèse de Doctorat ès sciences*, Hermann, Paris, 1941).

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Étude tensiométrique du démouillage du quartz par le bromure de lauryl-triméthylammonium. Application de la méthode à la flottation du quartz par l'oléate de Baryum.* Note de Mme **Lina Guastalla**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le démouillage du quartz par le bromure de lauryl-triméthyl-ammonium se fait dans des conditions voisines de celles du démouillage du verre par ce composé. La méthode tensiométrique a permis de déterminer facilement les conditions de flottation du quartz par l'oléate de Ba.

J'ai étudié à l'aide du tensiomètre de mouillage l'action démouillante sur le quartz d'un agent cationique, le bromure de lauryl-triméthyl-ammonium en solutions de diverses concentrations.

J'ai utilisé une lame de quartz fondu de 0,2 mm d'épaisseur. J'ai établi à l'aide d'un tensiomètre à deux fils les courbes représentant la tension superficielle γ et les tensions d'adhésion d'entrée τ_e et de sortie τ_s en fonction de la concentration molaire des solutions (entre $0,25.10^{-3}$ M et une concentration de l'ordre de la concentration micellaire).

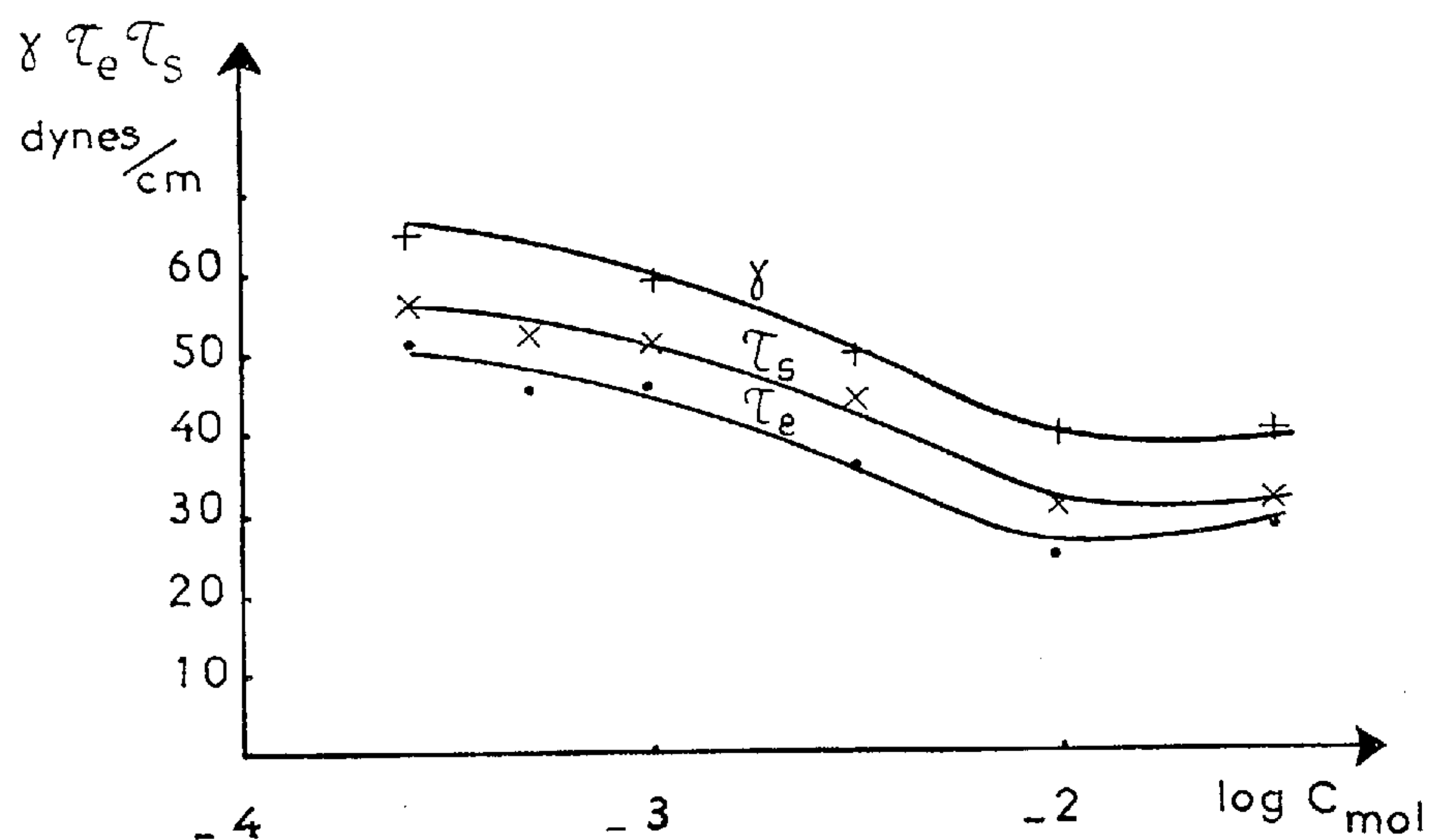


Fig. 1.

L'adsorption du bromure de lauryl-triméthyl-ammonium sur le quartz se fait dans des conditions très proches de celles de son adsorption sur le verre [1]. Le quartz, comme le verre, est imparfaitement mouillable par ces solutions, même dans la région micellaire; après une adsorption irréversible à la première immersion, le phénomène devient réversible; les pentes négatives des courbes τ_e et $\tau_s = f(c_{mol})$ indiquent que l'adsorption a lieu à l'émersion, la désorption à l'immersion; l'hystérésis de mouillage diminue dans la région micellaire (*fig.* 1).

Par la méthode tensiométrique, j'ai ensuite repris en partie l'étude de la flottation du quartz avec l'oléate de Ba, faite par Schuhmann et Brahm Prakash (²) par une méthode de tests directs; le collecteur, d'après ces auteurs, était l'acide oléique, l'activant $BaCl_2$, $2H_2O$; le moussant, le terpinéol. La méthode tensiométrique permet de rattacher la flottation aux phénomènes de démouillage et d'adsorption.

On sait que le quartz n'est pas flottable par un acide gras si aucun cation polyvalent ne se trouve dans la pulpe; on admet en général que c'est par l'intermédiaire du cation que le collecteur se fixe sur la surface solide; dans le cas présent, le monooléate de baryum peut être considéré comme un agent cationique.

Schuhmann et Brahm Prakash ont étudié le démouillage du quartz dans le système OlH + $BaCl_2$ en fonction de deux variables, la concentration de l'un ou l'autre des constituants de la solution et le pH. Ils ont construit deux séries de courbes donnant pour différentes concentrations de chacun des constituants à un pH déterminé, la concentration de l'autre constituant à partir de laquelle il y a flottation.

Dans le présent travail, j'ai cherché à déterminer pour des valeurs données de la concentration en OlH pour différentes valeurs de la concentra-

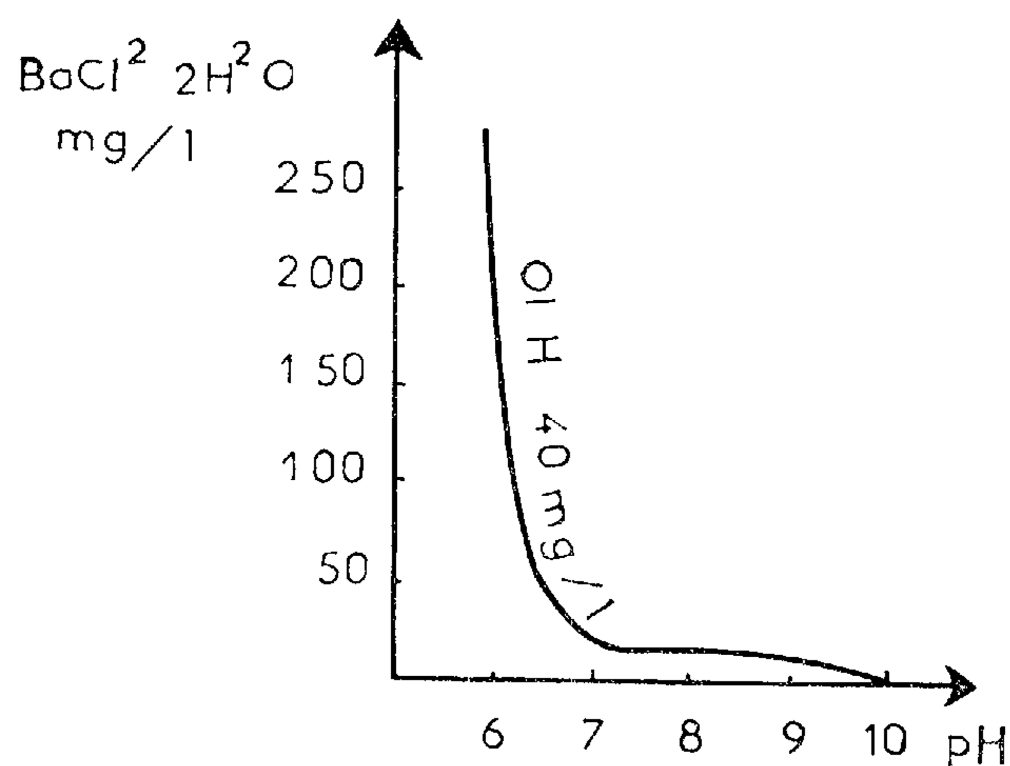


Fig. 2.

tion en $BaCl_2$, à partir de quelles valeurs du pH le démouillage ne se fait plus. J'ai fait une étude complète pour la concentration de 40 mg/l en OlH : la courbe obtenue $c_{BaCl_2} = f(\mathrm{pH})$ est en parfaite concordance avec la courbe de Schuhmann et Brahm Prakash (*fig.* 2).

Les mesures de tension d'adhésion ont été faites avec la technique habituelle (³), (⁴). Dans la région où le quartz ne se démouille pas, les valeurs des forces qui agissent sur la lame à sa descente et à sa remontée sont identiques; pour la profondeur o la valeur de cette force conduit à la valeur de la tension

superficielle de la solution. Dans la région où le quartz se démouille, les tensions d'adhésion varient peu quand les conditions s'écartent de celles du seuil de démouillage, soit que l'on augmente le pH de la solution, soit que l'on fasse varier la concentration en $BaCl_2$; c'est seulement à partir d'un accroissement du pH d'environ 4 unités au-dessus du seuil de démouillage que les tensions d'adhésion sont nettement modifiées, et à pH 7 par exemple, les tensions d'adhésion sont pratiquement les mêmes pour des concentrations en $BaCl_2$ entre 35 et 125 mg/l.

La courbe qui délimite la région de démouillage de la région de mouillage a pu être précisée à une demi-unité de pH près : si l'on considère de part et d'autre de cette courbe, pour les pH les plus faibles une zone très étroite de variations de pH, pour les pH plus élevés une zone très étroite de variations de concentration, les propriétés tensioactives du système correspondant au démouillage ou à l'adsorption varient très nettement.

L'étude du système pour une concentration en OlH de 200 mg/l a montré que l'hystérésis de mouillage augmente avec la concentration en OlH.

La méthode tensiométrique peut être utilisée pour l'étude des conditions de flottation dans tous les cas où l'on peut appliquer la méthode de l'angle de raccordement; elle est plus précise et plus rapide que cette dernière et peut donner pour des systèmes simples des renseignements d'ordre énergétique.

(1) L. Ténèbre, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 287.
(2) *Trans. A. I. M. E.*, 187, 1950, p. 591.
(3) J. et L. Guastalla, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2054.
(4) J. Guastalla, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 583.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Application de l'autoradiographie par trajectoires α à l'analyse d'alliages uranium-zirconium et à l'étude de la diffusion uranium-zirconium.* Note de Mmes **Henriette Faraggi** et **Arlette Garin-Bonnet**, MM. **Yves Adda** et **Jean-Marie Henry**, présentée par M. Francis Perrin.

L'étude de l'émission α en couche épaisse d'un certain nombre d'alliages U-Zr nous a permis d'établir expérimentalement une relation entre cette émission et la teneur en uranium. Cette relation permet de mesurer la concentration en uranium d'alliages de titre inconnu et nous l'avons utilisée à l'étude de la diffusion U-Zr.

L'autoradiographie quantitative par trajectoires individuelles de particules α permettant l'analyse locale d'un échantillon, nous avons essayé d'adapter cette méthode à la détermination des courbes concentration-pénétration dans la diffusion uranium-zirconium.

Il nous a semblé nécessaire d'établir au préalable, expérimentalement, la relation entre l'émission α d'un alliage U-Zr et sa teneur en uranium, à l'aide

d'alliages homogènes. En effet, le calcul de la concentration à partir du nombre d'α émis par une couche épaisse fait intervenir le parcours des particules α dans l'échantillon; ces parcours peuvent être estimés à partir des pouvoirs d'arrêt, mais les données expérimentales à ce sujet n'étant ni très précises, ni très cohérentes, nous avons préféré établir directement le parcours des α de l'uranium dans l'uranium et dans le zirconium.

On sait ([1]) que le nombre de rayons α émis par centimètre carré et par seconde par un alliage de densité d contenant C_U grammes d'uranium par gramme d'alliage est donné par la formule

$$N_\alpha = \frac{\mathcal{N}}{4AT} R d C_U = 4,5.10^3 R d C_U, \tag{1}$$

$\mathcal{N}$, nombre d'Avogadro; A, masse atomique de l'uranium; T, période de désintégration de l'uranium; R, parcours moyen des α dans l'échantillon.

Si $R_1 d_1$ est le parcours mesuré en masse superficielle des α de l'uranium dans l'uranium et $R_2 d_2$ le même parcours dans le zirconium, la règle d'additivité ([1]) permet d'écrire ([2]) :

$$\frac{1}{Rd} = \frac{1}{R_1 d_1} C_U + \frac{1}{R_2 d_2}(1 - C_U). \tag{2}$$

L'étude expérimentale de quelques alliages de concentrations différentes permet la détermination de $R_1 d_1$ et $R_2 d_2$, et par suite d'établir les coefficients de la formule (1).

Ces alliages, préparés par fusion à l'arc de l'uranium à 99,9 % et du zirconium van Arkel à 99,6 %, sont homogénéisés par recuit de 7 jours à 1050° sous un vide de 10^{-5} mm de mercure. Les plaquettes de 1 cm^2 de surface sont prélevées dans ces alliages et polies micrographiquement à la poudre de diamant. Elles sont déposées avec une légère pression constante contre des plaques Ilford C_2 de 50 μ pendant des durées variant de 1 h à 21 jours. L'ensemble échantillon-plaque est placé dans un dessiccateur pour éviter toute attaque chimique. L'analyse des échantillons se fait par comptage des traces α au microscope pour des champs de 100×100 μ. Le nombre de traces comptées varie de 5 000 à 30 000. Les distributions gaussiennes de comptages dans l'uranium pur et dans les alliages, ayant sensiblement même largeur, il est possible de dire qu'à l'échelle d'observation ces alliages sont homogènes.

L'analyse autoradiographique de sept alliages différents nous permet d'établir le tableau suivant :

C_U (poids).	C_U (analyse chimique).	N_α (cm^2/s).	$\frac{1}{Rd} = \frac{4,5.10^3}{N_\alpha} C_U$.	Rd (mg/cm^2).	$C_U = \frac{N_\alpha}{41 + 0,39 N_\alpha}$.
1.........	1	67,2	67	14,9	1
0,82......	0,823	48,2	76,5	14	0,81
0,603.....	0,610	32	84,5	11,8	0,60
0,48......	0,483	23,7	91	11	0,475
0,12......	0,119	5	108	9,49	0,116
0,005.....	–	0,202	112	8,95	0,005
0,002.....	–	0,081	111	9,05	0,002

On peut constater (*fig.* 1) que $1/Rd$ est bien proportionnel à C_U, ce qui confirme la règle d'additivité des pouvoirs d'arrêt. En extrapolant à $C_U = 1$ et $C_U = 0$, on obtient $R_1 d_1 = 14,9$ mg/cm² et $R_2 d_2 = 9,0$ mg/cm². Ces résultats

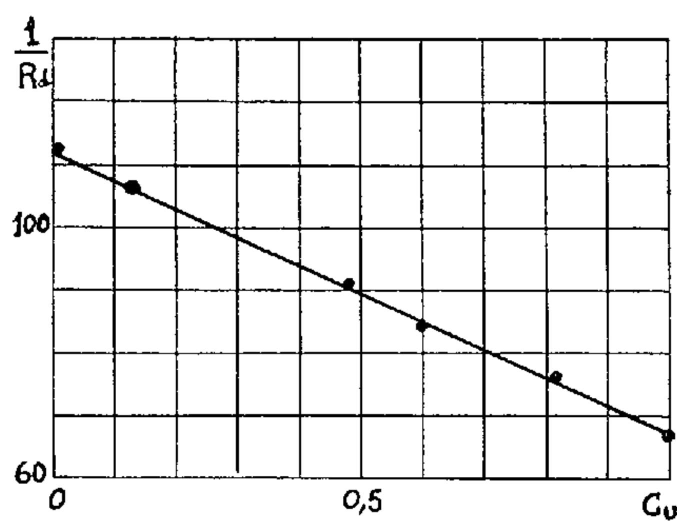


Fig. 1.

sont en bon accord avec ceux de Segré et Wiegand ([3]) et un peu inférieurs à ceux généralement utilisés ([1]). Ils nous permettent d'établir entre le nombre de traces α par centimètre carré et par seconde et la concentration en uranium, la relation

$$C_U = \frac{N_\alpha}{41 + 0,39 N_\alpha}. \tag{3}$$

A l'aide de cette formule nous avons pu déterminer par autoradiographie, la composition de différents alliages d'uranium et de zirconium avec une erreur inférieure à 2 %.

Nous avons essayé d'utiliser ces résultats à l'établissement des courbes concentration-pénétration dans la diffusion uranium-zirconium. Dans ce but,

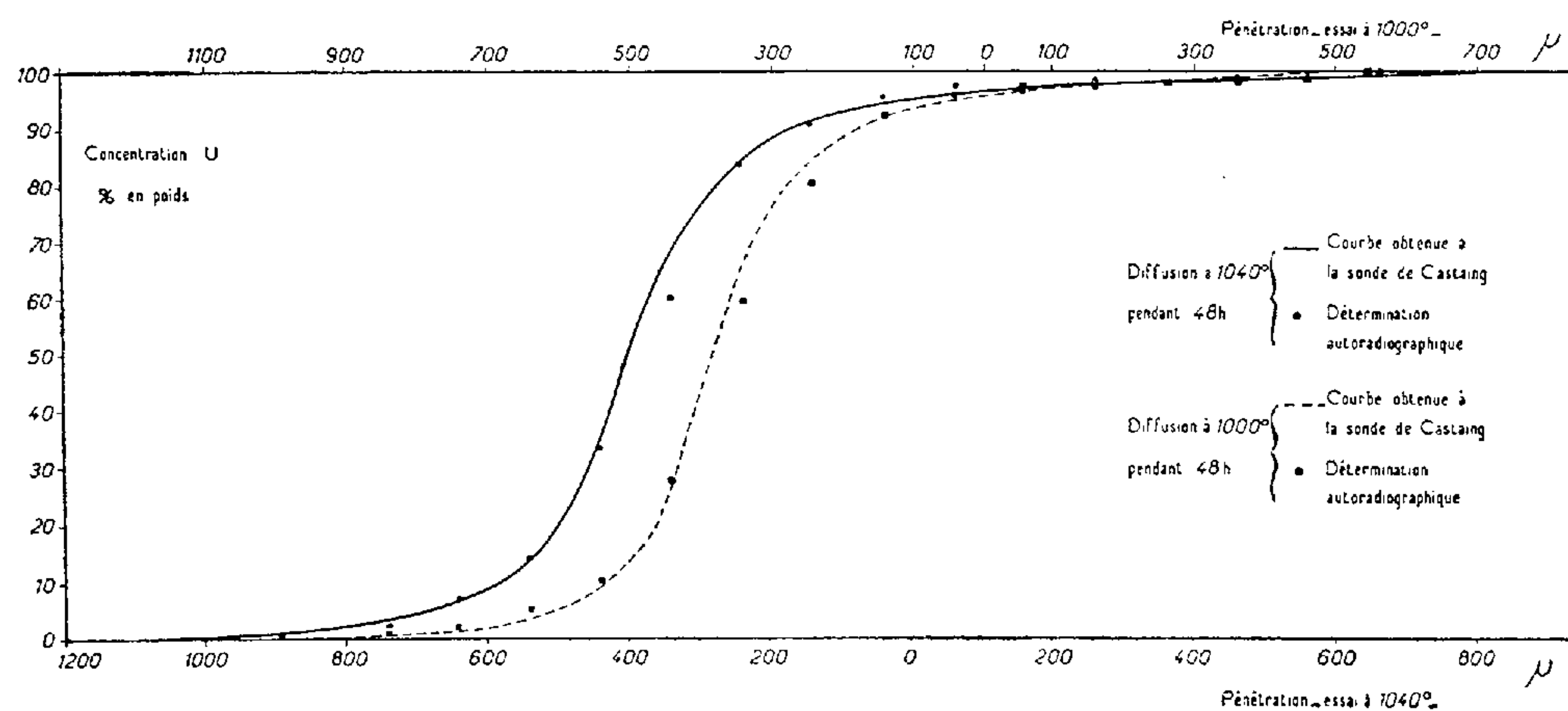


Fig. 2.

les couples de diffusion ([4]) sectionnés perpendiculairement au front de diffusion et polis à la poudre de diamant sont placés au contact d'une plaque nucléaire pendant 300 mn.

Le nombre de traces de particules α varie de 0 à 129 d'un côté à l'autre de la zone de diffusion pour des champs de $100 \times 100\,\mu$. Ces mesures effectuées parallèlement et perpendiculairement au front de diffusion permettent d'analyser les bandes parallèles au front de diffusion de $100\,\mu$ de largeur, contenant 0 à 4 000 traces. Les concentrations en uranium déduites des densités de traces α au moyen de la formule (3) sont ainsi mesurées tous les $100\,\mu$ au travers de la zone de diffusion. Les courbes concentration-pénétration obtenues sont représentées sur la figure 2 où elles peuvent être comparées à celles établies au moyen du micro-analyseur à sonde électronique de Castaing ([4]), ([5]).

On constate que les deux mesures sont concordantes à 2 % près. Cette précision nous semble satisfaisante étant donné l'utilisation d'une durée de pose unique (300 mn) pour des zones de concentration variant de 0 à 100 % d'uranium, ce qui diminue beaucoup la précision des mesures. Il est à prévoir, et des expériences en cours nous permettront peut être de le confirmer, qu'une précision plus grande sera atteinte pour l'étude des diffusions dans lesquelles le gradient de concentration en uranium est faible.

([1]) I. Curie, *J. Phys. Rad.*, 7, 1946, p. 313.

([2]) En toute rigueur, ce sont seulement les pouvoirs de ralentissement atomiques qui sont additifs. L'additivité des pouvoirs d'arrêt est rigoureuse dans le cas où le pouvoir de ralentissement atomique relatif de l'un des constituants par rapport à l'autre est indépendant de l'énergie, et constitue certainement ici une approximation justifiée comme le montre la figure 1.

([3]) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 808.

([4]) Y. Adda et J. Philibert, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 3081.

([5]) Castaing, *Thèse*, 1951, Publication O. N. E. R. A. n° 55,

MÉTALLOGRAPHIE. — *Mise en évidence en micrographie électronique d'une structure cellulaire, au cours de l'écrouissage et de la restauration du titane commercial.* Note de M. **Adrien Saulnier**, présentée par M. Albert Portevin.

Des ébauches de laminage de titane commercialement pur, épaisses de 25/10e de millimètre, ont été recuites à 650° C de manière à obtenir une cristallisation équiaxe en phase α. Elles ont ensuite subi un écrouissage $(S - s)/s$ de 150 % par laminage à froid à l'épaisseur de 10/10e de millimètre.

Les tôles ainsi obtenues ont subi des recuits de 30 mn à des températures échelonnées de 50 en 50° C entre 500 et 700° C. Chaque recuit a fait l'objet d'une étude des caractéristiques mécaniques et d'examens par radiocristallographie, micrographie optique et micrographie électronique.

Les valeurs de la dureté, de la charge de rupture, de la limite élastique et des allongements, mesurées sur éprouvettes prélevées dans le sens du

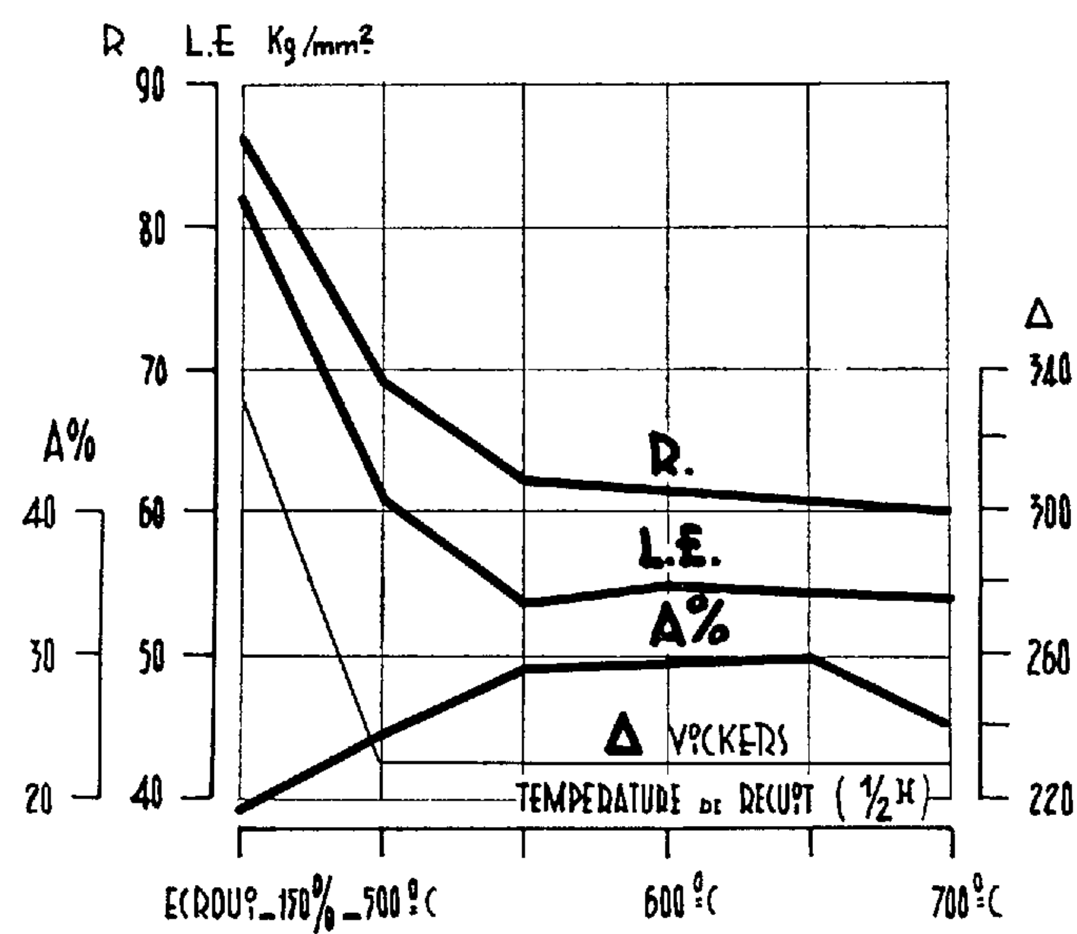


Fig. 1. — Écrouissage 150 %. Caractéristiques mécaniques en fonction des températures de recuit, pour des durées de 30 minutes.

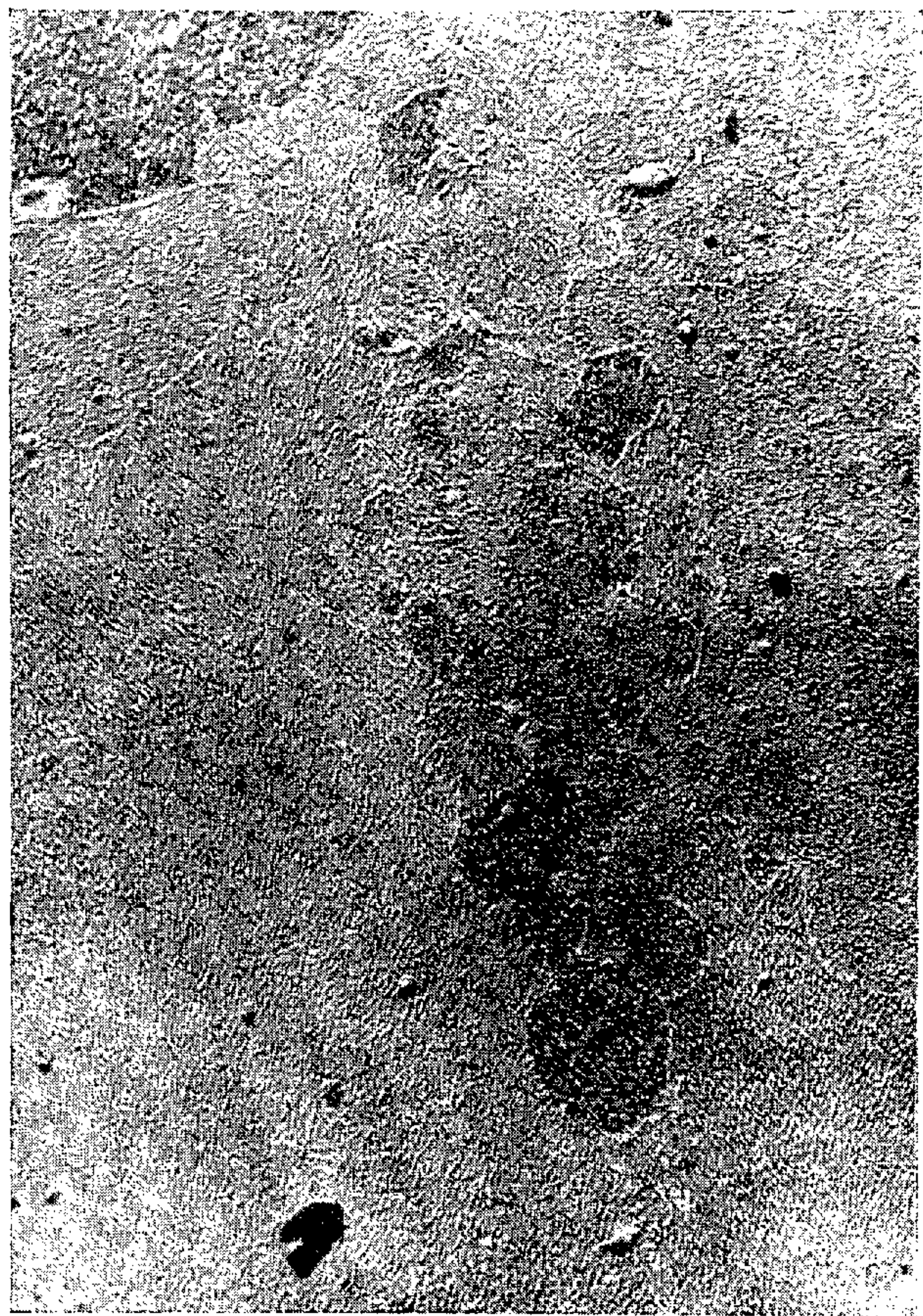


Fig. 2. — Ecrouissage 150 %. Recuit 30 mn à 500° C. Etat restauré. Structure cellulaire. × 15 000 $\overline{1\,\mu}$.

laminage sont portées sur le graphique de la figure 1 en fonction des températures de recuit.

A l'état écroui, le diagramme de Debye-Scherrer présente des anneaux continus marqués de renforcements diffus qui correspondent à l'anisotropie d'orientation des échantillons. En micrographie optique, les grains apparaissent déformés et allongés dans le sens du laminage, les joints sont très peu apparents. En micrographie électronique, ces observations sont confirmées et l'on décèle dans quelques-unes des régions observées une fragmentation en « cellules » (1), (2), (3) dont les dimensions sont de l'ordre de quelques dixièmes de micron, très difficilement discernables dans la matrice écrouie.

Après recuit de 30 mn à 500° C, l'adoucissement de l'alliage est important (*fig.* 1) mais ni le diagramme de Debye-Scherrer, ni l'aspect micrographique ne subissent de modification appréciable. En micrographie électronique par contre, les cellules d'écrouissage à contours irréguliers

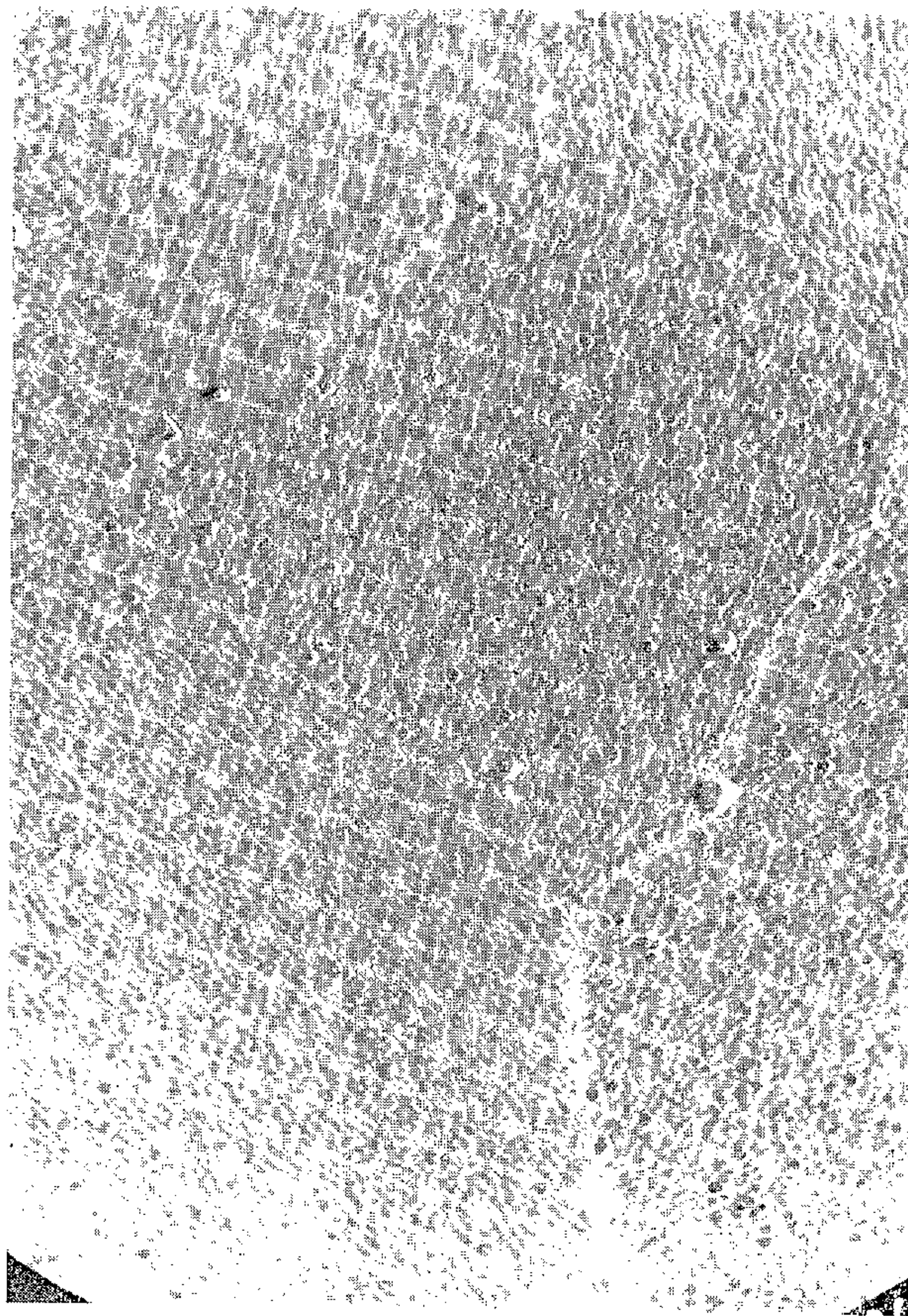


Fig. 3. — Écrouissage 150 %. Recuit 30 mn à 550° C. État recristallisé. × 15 000 1 μ.

et allongées dans le sens du laminage deviennent plus facilement identifiables et la plupart se transforment en se globulisant, le diamètre de ces globules étant de l'ordre du micron (*fig.* 2).

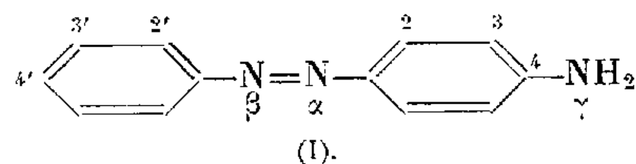
Après recuit de 30 mn à 550° C, la recristallisation est évidente sur les diagrammes de rayons X dont les anneaux sont ponctués de taches très fines et sur les micrographies optiques où apparaît un système de grains nouveaux équiaxes de 5 à 10 μ de diamètre qui sont également décelables en micrographie électronique (*fig.* 3).

L'état restauré intermédiaire entre l'état écroui et l'état recristallisé, est ainsi relié au perfectionnement en sous-grains de l'ordre du micron des cellules d'écrouissage suivant le mécanisme récemment décrit par J. Herenguel et Berghezan. Ce phénomène ne doit pas être confondu avec la polygonisation proprement dite, telle qu'elle a été mise en évidence par P. Lacombe et L. Beaujard [4] et qui est décrite par C. de Beaulieu [5] comme un état final stable, postérieur à la recristallisation.

(1) A. Berghezan et J. Herenguel, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1536.
(2) A. Berghezan, *Métaux Corrosion, Industries*, n° 359-360, juillet et août 1955.
(3) H. Lambot, *J. Inst. Metals*, 84, 1956, p. 473.
(4) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 414.
(5) *Thèse*, Paris, 1956.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'addition d'un proton aux dérivés substitués de l'amino-4 azobenzène*. Note de Mme **Alberte Pullman** et M. **Bernard Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

La fixation d'un proton sur l'amino-4 azobenzène (I) peut *a priori* mettre en



(I).

jeu soit l'azote de la fonction amine (azote γ), soit l'un des azotes de la double liaison N=N médiane. En fait, des considérations qualitatives élémentaires basées sur les raisonnements usuels de la théorie de la résonance indiquent facilement que, de ces deux derniers atomes d'azote, seul entre en ligne de compte l'azote le plus éloigné de la fonction amine (azote β). Cet état de choses est précisé par des calculs effectués par la méthode des orbitales moléculaires [1], qui indiquent que la concentration des charges sur l'azote β de (I) est nettement supérieure à celle qui existe sur son azote α, et que l'azote β a également une plus forte valence libre, ce qui laisse prévoir une plus forte polarisabilité.

D'autre part, la fixation des substituants sur les différents carbones de (I),

en modifiant la concentration des charges sur les azotes β et γ, est susceptible de modifier les modalités de fixation d'un proton. Ce problème qui, outre son intérêt propre, est d'une importance plus substantielle car il se rattache à la question de la relation entre la structure électronique et l'activité cancérogène de ce type de molécules ([2]), vient d'être étudié expérimentalement par plusieurs groupes d'auteurs ([3]), ([4]), ([5]). Bien que l'accord entre ces différents chercheurs ne soit pas réalisé, les résultats les plus complets paraissent être ceux de Cilento et Miller ([5]).

Le but de cette Note est de montrer que les résultats de calculs quantiques sur la structure électronique des dérivés substitués de (I) ([1]), ([2]), calculs dont les éléments essentiels ont d'ailleurs été publiés avant la publication des résultats de Cilento et Miller, apportent un fort appui théorique aux travaux de ces auteurs. Par ailleurs, Cilento et Miller ayant donné de leurs résultats une interprétation purement qualitative, les données du calcul permettent de mieux délimiter les rôles des effets électroniques et stériques mis en jeu.

Ainsi, selon Cilento et Miller, la protonation de l'amino-4 azobenzène et du méthylamino-4 azobenzène s'effectue partiellement sur l'azote γ et partiellement sur l'azote β : pour le premier corps on a 45 % du dérivé β, pour le second 75 %. Cet accroissement de la proportion de la forme protonnée en β avec la N-méthylation est un phénomène normal vu l'accroissement parallèle de la conjugaison du doublet libre de l'azote qui a pour résultat d'augmenter la charge nette en β et de diminuer celle en γ.

D'autre part, la substitution méthylique sur les divers carbones du cycle, aussi bien dans (I) que dans son dérivé N-méthylé, a pour effet de modifier la proportion des deux formes protonnées, la variation de la forme protonnée par exemple en β étant donnée par

$$2'-CH_3 < 4'-CH_3 < H \approx 3'-CH_3 < 3-CH_3 < 2-CH_3.$$

Or, en examinant la variation de la charge électrique de l'azote β en fonction de la substitution méthylique ([1]), ([5]), on peut constater que cette variation est *rigoureusement* parallèle à la variation de l'aptitude de cet azote à fixer un proton. En désignant par + une augmentation de charge et par — sa diminution, on a en effet pour la variation de la charge de l'azote β sous l'effet de la substitution méthylique : $2'-CH_3 = -0,0034$ e; $4'-CH_3 = -0,0024$ e; $3'-CH_3 = +0,0002$ e; $3-CH_3 = +0,0027$ e; $2-CH_3 = +0,0045$ e. En fait, le problème étant celui de la *réactivité relative* des azotes β et γ, il convient aussi de prendre en considération la variation de la charge de l'azote γ sous l'effet des mêmes substitutions. Cette prise en considération ne fait qu'accentuer l'accord entre la théorie et l'expérience. En effet : *a*. un méthyl substitué en 3′ n'a pratiquement aucun effet sur la charge de l'azote γ; *b*. un méthyl fixé en 2′ ou 4′ provoque une très forte *augmentation* de la charge de l'azote γ(= +0,0030 e dans les deux cas), effet qui s'ajoute à la *décharge* de l'azote β pour accentuer

la proportion de la protonation en γ; *c*. un méthyle fixé en 3 et 2 augmente également la charge de l'azote γ (les variations respectives étant $+0,0014$ e et $+0,0019$ e) mais moins qu'il n'augmente la charge de l'azote β qui se trouvera ainsi favorisé vis-à-vis de la protonation.

Cilento et Miller ont également étudié l'influence de la substitution du fluor sur la *proportion relative* de la protonation en β et γ. Ils ont pu constater que l'effet du fluor était sensiblement parallèle à celui du méthyle avec la seule différence du dérivé fluoré en 3 qui, au lieu d'augmenter la proportion de la forme protonnée en β augmente au contraire, et cela très fortement, la proportion de la forme protonnée en α.

Du point de vue théorique, l'analogie des effets dus au méthyle et au fluor s'explique par le fait que ces deux substituants perturbent d'une façon tout à fait parallèle, la distribution *relative* des charges sur la périphérie des hydrocarbures sur lesquels ils sont fixés (les carbones portant le substituant mis à part) ([6]). On peut s'en rendre compte par exemple, en comparant les diagrammes de distribution des charges dans le toluène ([7]) et dans le fluorobenzène ([8]). Dans ces conditions, il est évident que le comportement particulier du dérivé fluoré en 3 doit être attribué à l'intervention d'un facteur spécial : probablement un empêchement prononcé de la conjugaison du doublet libre de l'azote dû aux interactions (peut-être du type liaison hydrogène) entre le fluor et le groupe amine adjacent.

Cette analyse théorique montre donc que des facteurs électroniques rendent compte d'une façon très satisfaisante de la proportion relative des deux formes protonnées possibles. Les effets stériques bien qu'indiscutablement importants dans ce type de composés ne paraissent pas avoir d'influence notable sur le phénomène étudié.

La signification de ces résultats pour la théorie de la cancérogénèse par les composés azoïques sera discutée dans une publication séparée.

(1) B. Pullman et J. Baudet, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2529.

(2) A. Pullman et B. Pullman, *Cancérisation par les substances chimiques et structure moléculaire*, Masson, Paris 1955, p. 264-276.

(3) G. M. Badger, R. B. Buttery et G. E. Lewis, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 1888.

(4) I. M. Klotz, H. A. Fiess, J. Y. Chen Ho et M. Mellody, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 5136.

(5) G. Cilento, E. C. Miller et J. A. Miller, *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 1718.

(6) Le problème ne doit pas être confondu avec la différence qui caractérise ces substituants au point de vue de leur effet activant ou désactivant (par rapport à la molécule initiale) vis-à-vis d'une seconde substitution et qui est un effet de polarisabilité (*voir*, par exemple, G. W. Wheland et L. Pauling, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2086.). Ici il ne s'agit que d'un effet *relatif* sur l'aptitude réactionnelle *de deux positions dans une même molécule*.

(7) *Voir* par exemple B. Pullman et A. Pullman, *Les théories électroniques de la chimie organique*, Masson, Paris, 1952, p. 413 et aussi, V. A. Crawford, *J. Chem. Soc.*, 1953, p. 2058; Y. I'Haya, *Bull. Chem. Soc. Japan*, 28, 1955, p. 369, 376.

(8) C. Sandorfy, *Bull. Soc. Chim. France*, 1949, p. 615.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la solubilité des sels alcalins de l'acide α-nitrile α.α-diphényl α'-éthylsuccinique.* Note (*) de M. **François Salmon-Legagneur**, présentée par M. Marcel Delépine.

La solution d'α-nitrile α.α-diphényl α'-éthylsuccinate de potassium est envisagée comme réactif possible des ions Na^+ en présence d'ions K^+.

Dans une précédente Note, en collaboration avec Mme Neveu [1], nous avons indiqué le moyen d'obtention des acides α.α-diphényl α'-alcoylsucciniques par condensation sur le nitrile diphénylacétique, sodé par $NaNH_2$, des esters α-bromés et saponification subséquente. Les termes intermédiaires de ces préparations sont les acides α-nitrile α.α-diphényl α'-alcoylsucciniques répondant à la formule (I) (avec $R=CH_3$, C_2H_5, $n.C_3H_7$, ou $n.C_4H_9$) :



Les sels alcalins de ces acides nitriles sont relativement solubles dans l'eau froide, du moins quand $R=CH_3$, $n.C_3H_7$ ou $n.C_4H_9$. Par contre, il est tout à fait inattendu de constater que l'acide α-nitrile α.α-diphényl α'-éthylsuccinique [(I) avec $R=C_2H_5$] offre des sels alcalins de solubilités très inégales. Le sel de potassium de cet acide est très soluble dans l'eau froide; par contre, son sel de sodium l'est beaucoup moins et s'obtient très facilement par précipitation, par n'importe quelle liqueur à ions Na^+ (chlorure, sulfate, nitrate, etc.), d'une solution d'α-nitrile α.α'-diphényl α'-éthylsuccinate de potassium. Ceci nous a amené à envisager la possibilité d'utiliser cette dernière solution pour la recherche ou le dosage des ions Na^+ en présence d'ions K^+.

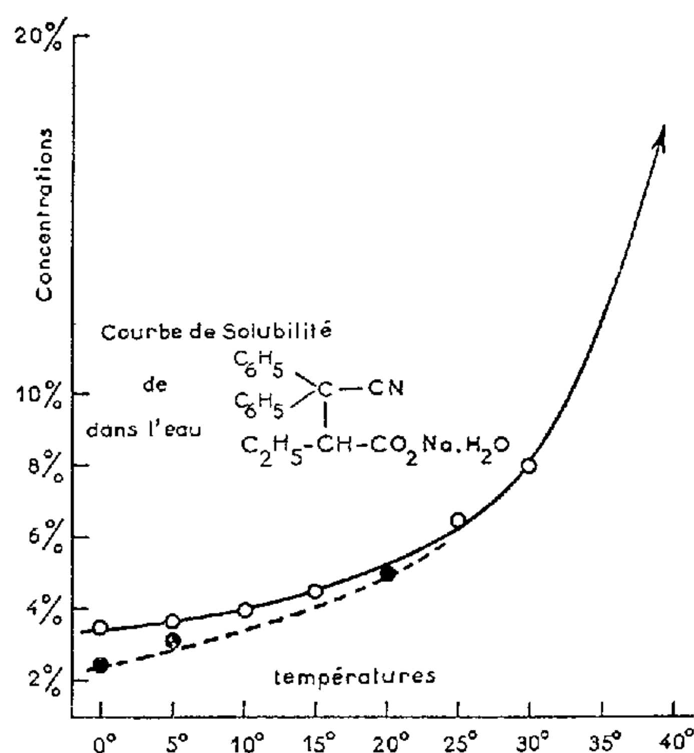
Le premier but de ce travail a été de déterminer la composition exacte des différents sels alcalins de l'acide nitrile en question. Le sel de sodium obtenu par précipitation comme il est indiqué ci-dessus répond à la constitution (II), offrant une molécule d'eau de cristallisation; il se présente sous forme de paillettes brillantes assez volumineuses et très caractéristiques. Les sels d'ammonium et de lithium, également obtenus par réaction de précipitation, semblent par contre répondre à la constitution de sels anhydres; ils s'isolent parfaitement bien et sont assez caractéristiques l'un et l'autre, mais sont beaucoup moins stables que le sel sodique, le premier de NH_4^+ étant relativement hydrolysable et le second de Li^+ assez hygroscopique; ceci rend difficile la détermination exacte de leur composition. Notons qu'il est facile d'obtenir le sel de sodium à l'état anhydre en reprenant par l'alcool le produit isolé par précipitation et en évaporant la solution alcoolique.

Quant au sel de potassium il n'est possible de l'isoler que par évaporation d'une solution alcoolique de l'acide nitrile exactement neutralisée par une solution de potasse. En raison de sa très grande solubilité, soit dans l'eau, soit dans l'alcool, il est difficile de le préparer à l'état cristallisé pur et de déterminer si à l'état sec il contient ou non une molécule d'eau de cristallisation.

La solubilité de ces divers sels à 5° peut approximativement être représentée par les nombres suivants : sel de NH_4 : 2 g pour 100 cm³ d'eau; sel de Na : 3 g pour 100 cm³; sel de Li : 5 g pour 100 cm³; sel de K de 80 à 100 g pour 100 cm³. Les sels de rubidium et de cæsium, que l'on n'a d'ailleurs pas cherché à isoler, doivent avoir de fortes solubilités de l'ordre de celle du sel de potassium, puisqu'une solution de ce dernier n'est pas précipitée par des liqueurs à ions Rb^+ ou Cs^+.

Les sels alcalins de l'acide α-nitrile α.α-diphényl α'-éthylsuccinique se subdivisent donc en deux groupes au point de vue solubilité : les uns relativement peu solubles, dans l'ordre : ammonium, sodium et lithium, les autres très solubles : potassium, rubidium et cæsium. Pratiquement, étant donné la tendance à se laisser hydrolyser du sel d'ammonium et l'hygroscopicité du sel de lithium, seule pouvait paraître intéressante au point de vue analytique la formation du sel de sodium.

Il était important d'étudier, en second lieu, la solubilité de ce dernier en fonction de la température; celle-ci a une influence considérable puisque cette solubilité passe de 3 % à 0° à près de 8 % à 30° et 20 % à 40° ainsi que l'indique la courbe de solubilité ci-dessous :



La présence de potasse libre dans la solution (pour environ pH 10) abaisse sensiblement la solubilité du sel de sodium pour les basses températures; la courbe de solubilité correspondant à ces conditions est indiquée en pointillé mais à partir de 25° les deux courbes se confondent sensiblement.

Dans ces conditions, on pouvait prévoir que l'utilisation d'une solution du sel de K^+ de l'acide nitrile en question ne pouvait présenter d'intérêt qu'en analyse qualitative pour la recherche des ions Na^+ en présence d'ions K^+ et non pour leur dosage. L'expérience a confirmé cette prévision.

Toutes les solutions à ions Na^+, de concentration égale ou supérieure à $2,5 . 10^{-3}$ ion-g Na^+, sont précipitées à froid par une liqueur préparée avec 20 g d'acide nitrile $\alpha.\alpha$-diphényl α'-éthylsuccinique dissous dans 100 cm³ d'eau en présence de 10 g de KOH solide. Si la précipitation n'est pas immédiate, il suffit en général de l'amorcer par frottement ou de laisser l'ensemble un court moment à la glacière pour la provoquer. Le réactif ainsi préparé semble se conserver parfaitement bien sans altération durant plusieurs mois; à l'état solide l'acide-nitrile est d'ailleurs rigoureusement stable.

Il était intéressant de comparer ce nouveau réactif avec la liqueur classique de pyroantimoniate de potassium. Utilisée dans les mêmes conditions cette dernière a une sensibilité de l'ordre de $1,5 . 10^{-3}$ ion-g Na^+; elle est donc plus sensible, mais la réaction est beaucoup moins nette et la précipitation ne se fait à cette concentration qu'à condition de chauffer suffisamment; le précipité obtenu est alors ténu et amorphe. Au contraire avec le réactif proposé un résultat positif s'obtient d'autant mieux que la température est plus basse; de plus le précipité est relativement volumineux et son aspect miroitant est très caractéristique.

Des essais de dosage quantitatif des ions Na^+ ont été faits à l'aide de ce réactif; le précipité de nitrile-succinate de sodium se laisse très aisément filtrer et sécher sur Büchner; mais comme la courbe de solubilité le laissait prévoir on constate une déficience systématique d'environ 20 à 25 % sur le poids espéré. Le procédé n'est donc pas applicable en analyse quantitative. A l'extrême rigueur on pourrait concevoir une méthode de dosage rapide des ions Na^+ par mesure comparative du volume du précipité (puisque celui-ci est relativement léger et volumineux) dans des conditions opératoires bien déterminées; mais une semblable technique, qui pourrait être utile dans quelques cas, ne donnerait aucune précision.

Signalons pour terminer que le réactif proposé peut éventuellement se préparer sans difficulté au laboratoire dans les conditions précédemment indiquées [1] puisque les deux matières premières nécessaires pour son obtention, le nitrile diphénylacétique et l'ester α-bromobutyrique sont maintenant des produits commerciaux.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

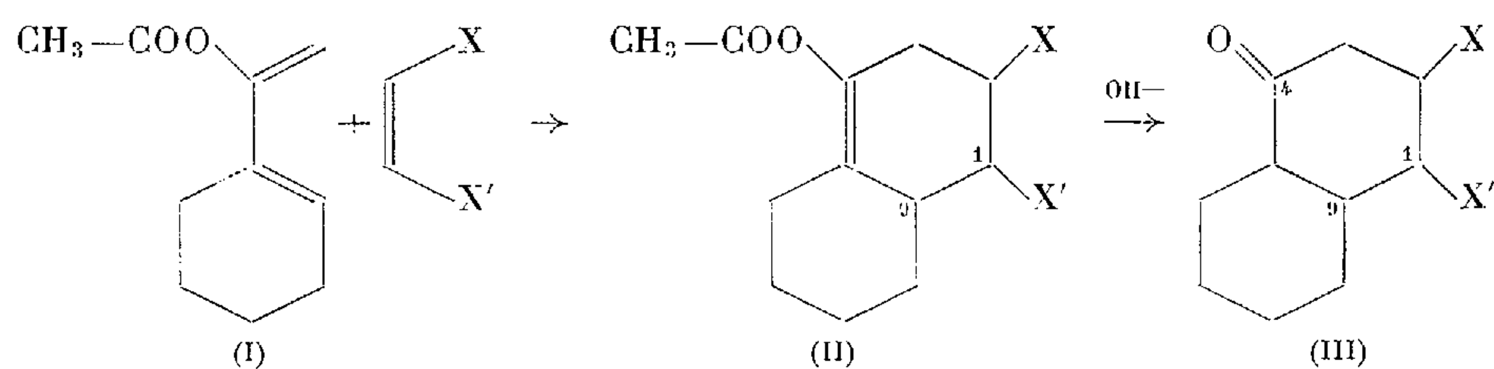
(1) F. Salmon-Legagneur et Mme Neveu, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1952.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques condensations diéniques avec l'(acétoxy-1-vinyl)-1-cyclohexène.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **François Winternitz** et **Claude Balmossière**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été montré que l'acétate d'énol de l'acétylcyclohexène se condense avec différents diénophiles, permettant d'envisager la synthèse de structures polycycliques intéressantes. Des dérivés monosubstitués du vinyl-1-cyclohexène ont été utilisés dans un certain nombre de réactions de Diels-Alder.

Le (chloro-1-vinyl)-1-cyclohexène, préparé par action de PCl_5 sur l'acétyl-1-cyclohexène, se condense avec l'acide acrylique pour donner un acide chloro-4-$\Delta^{4(10)}$-octahydronaphtoïque-1 ou 2, caractérisé par son sel de S-benzyl-isothiouronium (F 131-133°).

Nous avons cependant préféré faire appel à des acétoxydiènes de structure I, à cause de l'intérêt des adducts obtenus au point de vue synthétique :



L'(acétoxy-1-vinyl)-1-cyclohexène (I) ($É_{20}$ 105-110°; $\lambda_{max}^{alcool} = 232\,m\mu$, $\log \varepsilon_{max} = 4,16$) a été préparé par énolisation et acétylation de l'acétyl-1-cyclohexène au moyen de l'acétate d'isopropényle en présence de SO_4H_2 concentré.

Ce diène réagit avec l'anhydride maléique et, après hydrolyse de l'adduct intermédiaire non isolé, on obtient un acide décalone-4-dicarboxylique-1.2 (F 190-193°) (III, $X = X' = CO_2H$).

L'addition de l'acrylate de méthyle à 150° en tube scellé se fait en position 1-4 par rapport au groupement acétoxy et ne semble pas obéir au « principe d'accumulation maximum des doubles liaisons », phénomène qui a déjà été observé plusieurs fois pour des réactions diéniques effectuées à des températures élevées. En effet : d'une part, la saponification de l'adduct liquide ($É_{0,05}$ 105-110°) fournit un acide trans-décalone-4-carboxylique-1 (III, $X = H$, $X' = CO_2H$) identique à celui décrit par Novello et ses collaborateurs [1], d'autre part la réduction du carbonyle par la méthode de Wolfrom et Karabinos [2] effectuée sur l'ester méthylique de cet acide (F 54-55°) donne l'ester méthylique d'un acide décahydro-1-naphtoïque ($É_{0,03}$ 110°) qui est saponifié en acide, F 96-98° (amide, purifié par sublimation, F 206-208°); ce dernier acide, par les réactions de Schmidt et de Schotten-Baumann, conduit à un dérivé benzoylé

F 194-195° correspondant à celui de la 1-décalylamine de structure trans-trans (litt. F 195°).

On obtient donc une structure trans des carbones 1 et 9 de l'adduct alors que les règles de l'addition diénique laissaient prévoir une structure cis. Les faits précédents montrent de plus que l'hydrolyse alcaline de la fonction acétate d'énol des adducts intermédiaires (II) engendre des cétones (III) de structure trans ([3]).

L'acétoxy-diène (I) se condense également avec l'acrylonitrile et l'acroléine, mais avec de mauvais rendements, pour conduire après hydrolyse, respectivement aux produits : (III) (X ou X' = H, X' ou X = — CN) (dinitro-2.4 phénylhydrazone F 160-161°) et (III) (X ou X' = H, X' ou X = — CHO) (bis-dinitro-2.4 phénylhydrazone F 225° déc.).

Il additionne la *p*-benzoquinone en donnant, selon les conditions expérimentales, soit le mono, soit le diadduct. Ce dernier (F 238-240°) est obtenu en utilisant un gros excès de diène. Le monoadduct (F 117-119°) se forme pour des proportions moins importantes de (I). Cet adduct peut être réduit par le zinc dans l'acide acétique en acétoxy-9-dioxo-1.4-$\Delta^{9(14)}$-dodécahydrophénanthrène (F 116-117°).

L'anhydride citraconique également réagit avec le diène (I); il se forme alors de façon prépondérante un adduct solide (F 142-143°), qui est hydrolysé par la soude diluée en acide méthyl-1 (ou 2)-décalone-4-dicarboxylique-1.2 (F 167-169°) (sel de di-S-benzyl-isothiouronium, F 147-148°). Cet acide, par action du diazométhane, fournit le diester méthylique, F 101-102° (dinitro-2.4-phénylhydrazone, F 212-213°), et par action du chlorure d'acétyle bouillant, l'anhydride correspondant (F 158-159°; phénylimide, F 210-211° déc.) dont l'hydrolyse redonne l'acide de départ.

L'action du N-bromosuccinimide sur le diester méthylique (F 101-102°) conduit à un dérivé bromé dont la déshydrohalogénation par la collidine bouillante engendre un mélange donnant deux dinitro-2.4-phénylhydrazones : F 182-185°; $\lambda_{max}^{alcool} = 375$ mμ (α, β-éthylénique), et F 194-195°, $\lambda_{max}^{alcool} = 363$ mμ. De toute évidence la détermination exacte de la position du groupement CH_3 doit être recherchée par une autre voie moins équivoque, telle que le passage à l'un des dérivés synthétisés dans cette série par Nazarov et ses collaborateurs ([4]).

(*) Séance du 22 octobre 1956.

([1]) NOVELLO, CHRISTY et SPRAGUE, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1953, p. 1330.

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 909.

([3]) WOODWARD, HEUSLER, SONDHEIMER, TAUB et MC LAMORE, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 4223.

([4]) NAZAROV, KUCHEROV et ANDREEV, *Bull. Acad. Sc. U. S. S. R.*, Div. Chem. Sc., 1955, p. 67.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur l'acétylation du diacétone-alcool.* Note (*) de M. **Henry Gault** et Mme **Claudine Lumbroso**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours du travail de recherches que nous avons entrepris sur les β-cétols, les β-glycols correspondants ainsi que sur leurs esters, nous avons été amenés à substituer le chlorure d'acétyle en milieu pyridinique à l'anhydride acétique. L'anhydride acétique, agissant comme agent de déshydratation en même temps que d'acétylation, la technique que nous avons suivie réduit les risques de formation de cétones éthyléniques et les rendements en ester se trouvent améliorés.

L'objet de la présente Note est d'exposer quelques-uns des résultats que nous avons obtenus avec la méthyl-4 pentanol-4 one-2 (diacétone-alcool) (I).

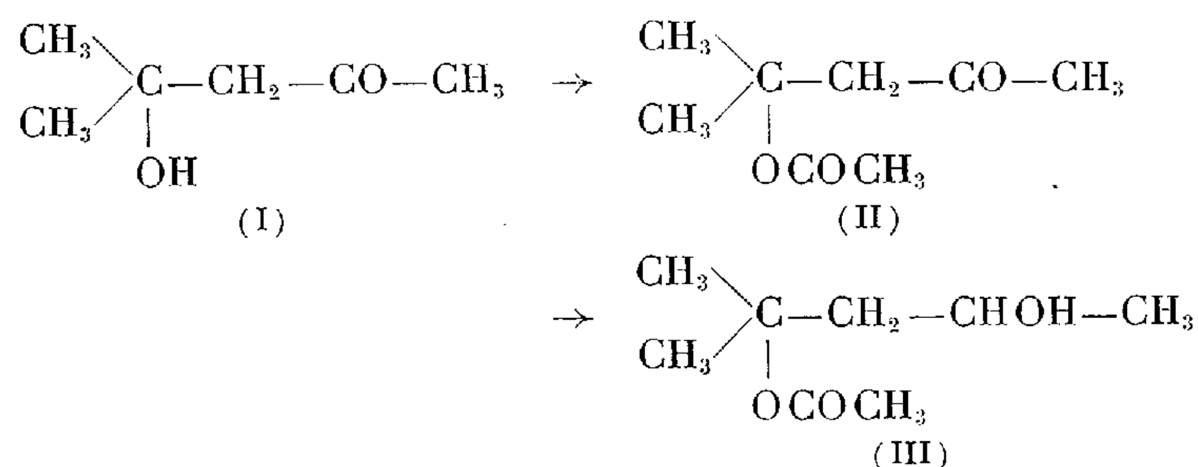
Acétate de la méthyl-4 pentanol-4 one-2. (II). — Cet acétate a déjà été préparé [1] en chauffant à reflux pendant 6 h un mélange de 4 mol de diacétone-alcool et de 2 mol d'anhydride acétique, le rendement d'acétylation ne dépassant pas 15 %.

En substituant le chlorure d'acétyle à l'anhydride acétique, nous avons opéré dans les conditions suivantes :

Dans une solution de 100 g (0,86 mol) de diacétone-alcool dans 245 g de pyridine (3,1 mol), on fait couler goutte à goutte une solution de 126 g (2,1 mol) de chlorure d'acétyle dans 300 cm^3 de chloroforme en maintenant la température du mélange réactionnel à —10° pendant toute la durée de l'opération (6 à 8 h). Lorsque l'addition du chlorure d'acétyle est terminée, on laisse le mélange reprendre la température ordinaire, puis on le porte et le maintient pendant 10 mn à la température de 60°.

La solution est versée sur un mélange de glace et d'acide sulfurique. On sépare la couche chloroformique par décantation et on la lave à l'eau jusqu'à neutralité des eaux de lavage, puis deux fois avec une solution saturée de bicarbonate de sodium. On sèche ensuite sur carbonate de potassium.

On recueille alors, par distillation, 46 g d'acétate de diacétone-alcool (Rdt 31 %) sous forme d'un liquide incolore d'odeur agréable ($É_{18}$ 78°; n_D^{20} 1,4228; indice d'ester : th. 355,1; tr. 350,8).



Cet acétate se laisse facilement hydrogéner par l'hydrogène sous pression en présence de nickel de Raney, en ester acétique du glycol correpondant (Rdt 70 %), c'est-à-dire du méthyl-2 pentanediol-2.4 (III).

Il donne avec la 2.4-dinitrophénylhydrazine une dinitrophénylhydrazone solide, orangée, fondant à 125°.

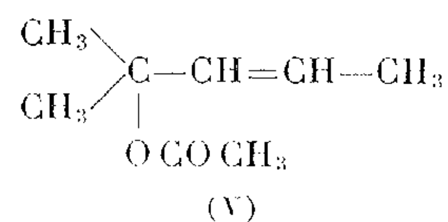
Acétate du méthyl-2 pentanediol-2.4 (III). — Cet acétate est un liquide incolore ($É_{18}$ 92°; $n_D^{20,5}$ 1,42535) d'odeur très agréable, dont la constitution se trouve établie par l'analyse et par la déshydratation catalytique à laquelle il donne lieu (*voir* ci-après) :

Analyses :

	(II)			(III)		
	Th. %.	Tr. %.		Th. %.	Tr. %.	
Carbone............	60,7	60,75	60,81	60	59,69	59,66
Hydrogène..........	8,86	8,95	8,90	10	10,14	9,83

Nous n'avons obtenu de dérivés caractéristiques cristallisés de la fonction alcool secondaire ni avec l'anhydride 3-nitrophtalique ni avec le chlorure de 3.5-nitrobenzoyle.

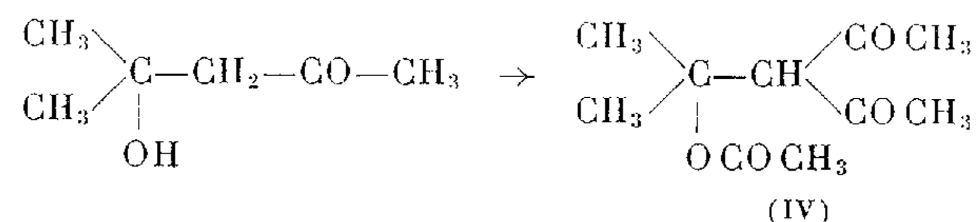
Par action catalytique du bromhydrate d'aniline [2] nous avons déshydraté à l'ébullition à la pression ordinaire, l'acétate du méthyl-2 pentanediol-2.4 et obtenu ainsi l'ester acétique du méthyl-2 hydroxy-2 pentène-4 (V) avec un rendement de 80 % . C'est un liquide incolore qui jaunit très rapidement à l'air. $É_{760}$ 138°; n_D^{20} 1,4218.



Indice de saponification : th. 395; tr. 402,1.

Nous nous proposons de saponifier l'ester acétique du méthyl-2 hydroxy-2 pentène-4. On conçoit que l'hydrolyse de cet acétate (V) puisse nous conduire à l'alcool tertiaire correspondant déjà obtenu par une autre voie [3].

Acétate de l'hydroxy-isopropyl-3 pentanedione-2.4 (IV). — Au cours de l'acétylation pyridinée de la méthyl-4 pentanol-4 one-2, nous avons observé la formation, sous forme d'acétate, d'une β-dicétone, l'hydroxy-isopropyl-3 pentanedione-2.4, résultant de la fixation d'un groupement méthyle à l'atome de carbone médian du complexe β-cétonique :



Cette opération constitue par elle-même un mode de formation de β-dicétone que nous pensons pouvoir rapprocher, malgré la très faible basicité de la pyridine, des méthodes classiques d'obtention des dicétones à partir des cétones ([4]), le fait que l'agent basique employé soit la pyridine permettrait de comprendre pourquoi nous n'avons jamais obtenu cette dicétone avec un rendement supérieur à 10 %.

Ses caractéristiques physiques sont les suivantes : $É_{0,1}$ 115° ; n_{18} 1,463.

Analyse :

	Th. %.	Tr. %.	
Carbone	60	59,92	59,97
Hydrogène	8	7,89	8,07

L'acétate obtenu (IV) donne une 2.4-dinitrophenylhydrazone (F 175°), (N % : th. 20,6 % ; tr. 19,65 %).

Avec la semicarbazide, il donne une semicarbazone produit blanc cristallisé (F 197°) ; (N % : th. 26,25 %, tr. 25,45 %).

Nous poursuivons l'étude du comportement chimique de ces divers composés.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

([1]) Ralph C. Huston et Herbert E. Ungnade, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 2285.

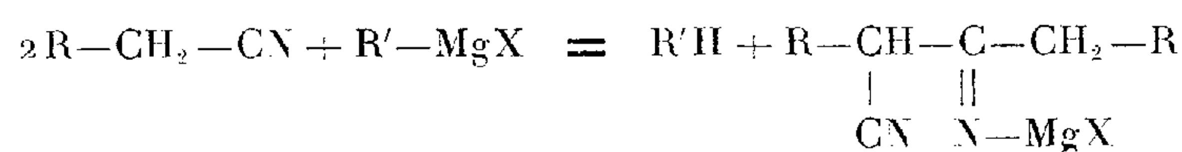
([2]) Kyriakides, *J. Amer. Chem. Soc.*, 36, p. 992.

([3]) Kyriakides, *J. Amer. Chem. Soc.*, 36, p. 661.

([4]) *Organic Réactions*, 8, p. 59.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation des magnésiens avec les dinitriles α.α'-substitués.* Note de M. **Jean Décombe** et Mlle **Monique Prétot**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que la synthèse des cétones par action des magnésiens sur les nitriles est fréquemment aberrante, le plus souvent en raison de la mobilité de l'atome d'hydrogène en α qui donne lieu à une polymérisation suivant le schéma



$$2\,R{-}CH_2{-}CN + R'{-}MgX = R'H + R{-}\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle N{-}MgX}{\underset{\|}{C}}{-}CH_2{-}R$$

Lorsqu'on passe des mononitriles aux dinitriles, ce phénomène donne lieu à des complications considérables, comme l'ont montré les travaux de Bruylants ([1]) et de l'un de nous ([2]) dans le cas du dinitrile glutarique. Le dinitrile succinique conduit également à des résultats anormaux ([3]).

Pour essayer cependant de préparer quelques nouvelles γ- et δ-dicétones, nous avons fait agir le bromure d'éthyl-magnésium sur des dinitriles

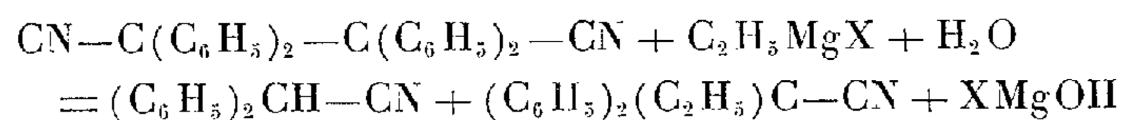
$\alpha.\alpha'$-substitués. La préparation de ces derniers est fort malaisée, car il n'existe pas de méthode générale. Seuls les nitriles $\alpha.\alpha'$-diphénylglutarique et tétraphénylsuccinique sont d'un accès facile. C'est sur eux que nous avons fait nos premiers essais.

Avec le dinitrile diphénylglutarique, une difficulté se présente. Le produit est décrit dans la littérature (4) comme fondant à 71-72°. Différentes préparations nous ont donné des points de fusion s'échelonnant entre 71 et 84,5°. C'est qu'en effet il s'agit d'un mélange de racémique et d'inactif. Des essais de fractionnement par cristallisations alternées dans le benzène et l'acide acétique nous ont permis d'obtenir des échantillons fondant à 92 et à 67°. Nous pensons avoir ainsi caractérisé la forme fondant haut et la forme fondant bas qu'on était en droit d'attendre et qui n'étaient pas encore signalées. Mais le rendement de ce fractionnement est si faible qu'il a fallu renoncer à étudier l'action des magnésiens sur des formes pures. Il en résulte des difficultés du même ordre pour l'étude des produits de la réaction, qui ne peuvent pas être caractérisés par leur point de fusion, et qui se présentent généralement sous l'aspect d'une huile difficile à faire cristalliser.

En utilisant 2,25 mol de magnésien pour 1 mol de dinitrile, dans l'éther, on n'observe aucun dégagement gazeux, ce qui prouve déjà que les atomes d'hydrogène subsistant en α ne sont plus mobiles. Après hydrolyse du complexe par l'acide chlorhydrique dilué et traitement habituel, le milieu se sépare en trois couches, une couche intermédiaire huileuse venant s'intercaler entre la couche éthérée et la couche aqueuse. Cette dernière ne contient pratiquement aucune substance organique. De la couche éthérée, on retire 30 à 35 % de matière première récupérée qu'on caractérise par un dosage d'azote et une hydrolyse alcaline, qui fournit un diacide dont on détermine la masse moléculaire par un dosage alcalimétrique. Quant à la couche intermédiaire, elle est insoluble dans l'eau, et peu soluble dans l'alcool. Reprise par l'alcool bouillant, elle fournit des cristaux présentant un point de fusion instantanée vers 221°, mais se ramollissant à partir de 150, 160°. Ceux-ci contiennent du chlore et de l'azote. Le dosage d'azote donne 6,95 %, ce qui correspond à un poids moléculaire de 402, calculé pour 2 N. Traitée par la soude titrée en présence de phénolphtaléine, la solution hydroalcoolique de ce produit donne un précipité blanc, et de la quantité de soude utilisée, on déduit, pour un monochlorhydrate : Cl = 10 % et M = 355. Il s'agit évidemment, toute question de stéréoisomérie mise à part, d'un mélange constitué par le monochlorhydrate de di-iminocétone attendue ($C_{21}H_{27}N_2Cl$), pour lequel M = 342,5, Cl = 10,3 %, N = 8,17 %, et par le chlorhydrate de mono-iminocétone correspondante ($C_{21}H_{26}ONCl$) pour lequel M = 343,5, Cl = 10,3 %, N = 4,07 %. Nous n'avons pas encore réussi à fractionner

correctement ce mélange, ni celui qui résulte de son traitement par la soude à froid, pas plus d'ailleurs que celui obtenu en l'hydrolysant par la potasse alcoolique à chaud. Nous poursuivons l'étude des produits de cette réaction, qui se présentent, somme toute, comme des produits normaux de l'action des magnésiens sur les nitriles.

Pour le dinitrile tétraphénylsuccinique, la question des atomes d'hydrogène mobile et celle des complications stéréochimiques ne se posaient pas. Cependant la réaction a pris un cours que nous n'attendions pas. On observe une simple coupure de la molécule, donnant naissance, avec d'assez bons rendements, à du diphénylacétonitrile et à l'éthyldiphénylacétonitrile :



$$CN-C(C_6H_5)_2-C(C_6H_5)_2-CN + C_2H_5MgX + H_2O$$
$$= (C_6H_5)_2CH-CN + (C_6H_5)_2(C_2H_5)C-CN + XMgOH$$

Cette réaction nous paraît intéressante à signaler, car elle traduit évidemment la tendance à la dissociation du dinitrile en radical libre diphénylcyanométhyle. L'analogie avec l'hexaphényléthane est en effet immédiate, et il est à penser que la dissociation du dinitrile doit être encore plus facile que celle de l'hexaphényléthane, les radicaux CN étant plus électronégatifs que les radicaux C_6H_5 qu'ils remplacent dans la formule du carbure.

Bien que le dinitrile tétraphénylsuccinique ait déjà été préparé par trois méthodes différentes, la littérature ne fournit que peu d'indications sur ses propriétés. On signale cependant qu'il est facilement réduit en diphénylacétonitrile par l'hydrogène naissant ([5]), et que par chauffage à 150° en solution dans la naphtaline fondue, il donne lieu à des phénomènes de coloration qui disparaissent par refroidissement ([6]). Toutes ces propriétés s'accordent avec l'hypothèse d'une dissociation facile en radical libre, et avec les résultats que nous avons obtenus dans la condensation magnésienne.

([1]) *Bull. Acad. Belg.*, 1921, p. 252; 1923, p. 37; 1926, p. 464.
([2]) DÉCOMBE, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2542 et 237, 1953, p. 269.
([3]) Mme BRINI, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 339.
([4]) ZELINSKY et FELDMANN, *Ber. deuts. ch. Gesell.*, 22, 1889, p. 3290.
([5]) STOLLE et SCHMIDT, *Ber. deuts. ch. Gesell.*, 45, 1912, p. 3114.
([6]) BLICKE, *Amer. Soc.*, 47, p. 1477; LÖWENBEIN et SCHMIDT, *Ber. deuts. ch. Gesell.*, 60, 1927, p. 1856.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse de la calamine et de la willémite à basse température.* Note de M. **Jacques Esquevin**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les résultats de précédents travaux ont montré qu'il est d'autant plus aisé d'obtenir un minéral argileux par voie de synthèse suivant les méthodes

décrites antérieurement que le cation constituant la couche octaédrique donne plus facilement un hydroxyde de structure brucitique [1]. Cette propriété s'étend également au zinc, cation avec lequel nous avons préparé des montmorillonites [2] et des minéraux équivalents aux berthiérines [3].

Cependant si l'on essaye avec ce cation d'obtenir l'hydroxyde phylliteux, soit α-$Zn(OH)_2$, on constate qu'il faut opérer dans des conditions de pH, de concentration et de température convenablement précisées sinon l'on peut obtenir suivant les cas l'oxyde ZnO ou l'hydroxyde ε-$Zn(OH)_2$ qui ont l'un et l'autre une structure tétraédrique.

Si la règle que nous avons rappelée au début de cette Note est valable, nous devons nous attendre, en opérant dans les conditions où il tend à se former des corps autres que l'hydroxyde de structure brucitique, à ne plus obtenir de produits phylliteux mais soit des précipités amorphes, soit des substances appartenant à d'autres familles minéralogiques.

Par exemple, à la température de l'ébullition, pour obtenir l'hydroxyde α-$Zn(OH)_2$ à partir de l'acétate de zinc, il faut que la précipitation s'effectue lentement à partir d'une solution très diluée, sinon on obtient ε-$Zn(OH)_2$ ou même ZnO si la précipitation s'effectue rapidement à partir d'une solution concentrée.

Si l'on place dans un ballon de grande capacité une solution d'acétate de zinc à 1 g de zinc par litre, maintenue à l'ébullition, et que l'on fasse arriver une solution de silicate de sodium à 20 mg de silice par jour, on observe la formation de calamine, corps de formule $SiO_2 . 2Zn(OH)_2$. Ce fait présente un intérêt particulier puisqu'il montre que, même dans les conditions où la silice et le cation réagissent aisément en donnant un composé cristallisé, celui-ci n'est plus du type phylliteux lorsque la couche de brucite n'a pas tendance à se former.

En ajoutant de la soude à la solution de silicate de manière à accélérer la vitesse de précipitation du zinc, il se forme la willémite, silicate de formule $SiO_2 . 2ZnO$.

Il est possible au cours d'une même expérience d'obtenir successivement la willémite, puis la calamine et enfin la montmorillonite en jouant simplement sur l'appauvrissement de la solution en zinc au cours du temps.

Si au lieu de mettre un excès de zinc dans le ballon on le fait arriver lentement en même temps que la silice, on peut obtenir encore les trois silicates, seuls ou en mélange suivant la concentration en zinc des solutions nourricières. De plus, tandis que dans les essais précédents le pH de la solution contenue dans le ballon se stabilise à 6,4 lorsque le produit final est la calamine et à 7-7,2 lorsqu'il y a formation de willémite, il est ici possible de maintenir le pH à une valeur quelconque. La willémite apparaît alors entre pH 7 et pH 8,5 environ; la calamine au-dessus de 6,4; la montmorillonite au-dessus de 5,5-6.

Il semble bien que les facteurs vitesse de précipitation et alcalinité ne soient pas les seuls qui gouvernent l'apparition des silicates non phylliteux. La présence d'ions Ca, Al et surtout de CO_2 semble également favoriser leur apparition.

Ces résultats apportent, outre une confirmation à la théorie concernant la formation des minéraux phylliteux, des précisions sur la manière dont peuvent se former la calamine et la willémite. Si les observations des naturalistes laissaient entrevoir la possibilité de synthèse à aussi basse température ([4]), par contre les expériences par voie sèche ([5]) ou sous pression de vapeur d'eau ([6]) n'avaient été réalisées jusqu'à ce jour qu'à des températures supérieures à 300°.

Enfin, le fait d'obtenir simultanément dans une même expérience la calamine, la willémite et la montmorillonite présente un intérêt tout particulier car nous avons pu constater en faisant l'étude de certains dépôts naturels zincifères l'association de ces divers minéraux. Si l'on se rappelle que l'étude de la formation des silicates ferrifères avait également conduit à l'obtention d'association de minéraux silicates-oxydes analogues à ceux que l'on rencontre dans le milieu naturel ([7]), on peut en conclure que la méthode expérimentale conduit à des résultats certainement applicables à l'analyse des phénomènes naturels.

([1]) S. Henin et O. Robichet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 517.
([2]) J. Esquevin, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1485.
([3]) J. Esquevin, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2967.
([4]) J. S. Brown, *Economic Geology*, 31, 1936, p. 347.
([5]) H. Sainte-Claire-Deville, *Comptes rendus*, 52, 1861, p. 1304.
([6]) C. J. Van Nieuwenburg et H. B. Blumendal, *Rec. Trav. Chim.*, 50, 1931, p. 129; D. M. Roy et F. A. Mumpton, *Economic Geology*, 51, 1956, p. 432.
([7]) S. Caillère, S. Henin et J. Esquevin, *Bull. Soc. Fr. Min. Crist.*, 78, 1955, p. 227.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'indices minéralisés en tungstène, molybdène, étain et bismuth dans le Sud-Est de la Corse.* Note de MM. **Jacques Geffroy**, **André Gerstner** et **Paul Lafforgue**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La seule minéralisation connue dans le Sud-Est de la Corse était l'*hématite* des granites de Moca-Croce. Au cours des prospections effectuées par la Mission de Corse du Commissariat à l'Énergie Atomique, nous avons pu constater la diffusion générale de l'hématite suivant un axe Sud-Ouest-Nord-Est courant sur près de 30 km, du Monte-Scopeto à Conca, en relation avec une différenciation syénitique à épidote du granite de Porto-Vecchio. Nous avons de plus repéré quelques filons quartzeux à barytine, qui recoupent les granites au Golfe de Figari, ainsi qu'à Fossi et sur la route de l'Ospédale.

Mais cette Note a pour principal objet les indices minéralisés découverts à 15 km environ au Nord-Nord-Est de Porto-Vecchio : indices d'Aquella-Fautea, à *molybdénite*, *scheelite*, *wolfram* et *cassitérite* (constituant la première rencontre signalée en Corse de ces deux derniers minéraux), indice de Testa où, dans une paragenèse cuivreuse, apparaît la *tétradymite*, dont c'est le premier gisement signalé en France métropolitaine.

La région envisagée s'élève de la cote 0 (indice de Testa au bord de la mer) à la cote 300 (indice d'Aquella). En conjuguant nos observations avec celles de M. P. Lapadu-Hargues, nous pouvons assimiler ce district au contact de trois grandes unités pétrographiques : granite de *Porto-Vecchio*, granite de *Bavella*, et métamorphites de *Fautea*. Du point de vue tectonique, l'accident majeur est la faille de *Sainte-Lucie-Pianoletti*, dirigée en gros N 30° E comme ses nombreuses annexes et qui intéresse jusqu'au Miocène inclus.

a. Le granite de Porto-Vecchio, correspondant à un bassin effondré, occupe le Sud de la région. Au Nord, il entre en contact anormal, par la faille de Sainte-Lucie, avec le granite de Bavella. A l'Est d'Aquella semble se greffer sur cette faille un accident tectonique Est-Ouest (accident de Fautea). Cet accident met en contact le Porto-Vecchio au Sud avec le Bavella, puis les métamorphites au Nord.

Le granite de Porto-Vecchio, grisâtre, présente constamment le type d'érosion en boules. Pétrographiquement, il est caractérisé par l'association de l'albite avec un feldspath alcalin maclé Carlsbad. La biotite s'y associe à l'amphibole. Les enclaves mélanocrates sont fréquentes.

b. Le granite de Bavella, considéré par Lapadu-Hargues comme un faciès tardif du Porto-Vecchio, occupe toute la région sise au Nord-Ouest de la faille de Sainte-Lucie. Néanmoins, il se retrouve en lambeaux, pincés à l'Est de celle-ci contre les métamorphites, avec lesquelles il semble en contact normal. Ce contact est souligné par de grandes amandes de granite à grain fin, mais de type franchement « bavellien ».

Le granite de Bavella se signale sur le terrain par sa couleur rosée et par son faciès d'érosion en lames. Pétrographiquement, il est caractérisé par des quartz fréquemment automorphes, avec microcline perthitisé et oligoclase. Il y a de la biotite, chloritisée, et quelques lames de muscovite.

c. Les métamorphites de Fautea, comportant deux faciès :

— Au Nord, des anatexites typiques, orientées N 60° E avec pendage Nord-Ouest subvertical;

— Au Sud, des gneiss à deux micas orientés Est-Ouest sur lesquels est bâtie la tour génoise de la Parata. Ils comprennent des intercalations amphiboliques et le tout est recoupé par des filons de granulite et de pegmatite à tourmaline.

Les deux faciès métamorphiques semblent s'affronter à la plage par

une zone mylonitique Est-Ouest qui semble correspondre au prolongement Est de l'accident de Fautea.

Nous décrirons maintenant les deux catégories d'indices minéralisés.

A. *Indices d'Aquella-Fautea.* — Tous sont situés au Nord du granite de Porto-Vecchio, soit dans le gneiss, soit dans le granite de Bavella. On a, d'Est en Ouest :

1° A 500 m au Sud de la cote 374 (soit 1 km Est d'Aquella) un filon quartzeux Nord-Est-Sud-Ouest puissant de 6 cm, visible sur 30 m dans le granite de Bavella. Dans les géodes quartzeuses apparaissent des lames de *molybdénite*, associée à un mica blanc-verdâtre, à type de gilbertite. Ce filon se ramifie à l'Est en un lacis de veinules quartzeuses de quelques millimètres. La molybdénite existe, soit au voisinage de l'éponte, soit dans le granite encaissant. Elle s'associe à de rares mouches de *scheelite*, ne dépassant pas 2 mm.

2° A environ 500 m à l'Est du point précédent, sur le versant Sud de la cote 374, on observe un faisceau de filons quartzeux atteignant 20 cm, visibles sur 25 m en direction. La minéralisation, disséminée, consiste en *wolfram* dont les lames, atteignant 2 cm, sont souvent pseudomorphosées en limonite. La pyrite est abondante. En section polie, on observe de rares inclusions microscopiques de *bismuth*, *bismuthinite*, *blende*, *pyrrhotite* et *chalcopyrite*.

3° A 2 500 m environ à l'Est des points précédents, au Nord et au Sud de la tour de la Parata, affleurent sur la cote même deux filons quartzeux Est-Ouest puissants de 8 cm environ. Le filon Nord comporte une minéralisation sporadique en *wolfram*, souvent dissous ou épigénisé en limonite, le filon Sud une minéralisation en *cassitérite* microscopique. Les deux filons contiennent de la *pyrite*, avec un peu de *chalcopyrite* et de *covellite*.

B. *Indice de Testa.* — Il est visible au bord de la mer, en plein granite de Porto-Vecchio, à 2,5 km environ au Sud de la tour de la Parata (soit 1 km environ Est-Sud-Est de Testa).

C'est un filon quartzeux de 20 cm de puissance dirigé Est-Ouest avec pendage subvertical Nord, visible sur 30 m de long. La minéralisation sulfurée y est irrégulièrement répartie en amandes atteignant 8 cm de largeur, localisées au mur. Macroscopiquement, la *chalcopyrite* domine, et l'on distingue à l'éponte un minéral clivable blanc d'étain.

En section polie, on identifie : *Hématite* lamellaire abondante et *magnétite* plus rare, toujours automorphes l'une et l'autre dans les sulfures; *Tétradymite* en lamelles à clivages visibles, atteignant plusieurs millimètres souvent automorphes dans la chalcopyrite et automorphes dans celle-ci. Les caractères microscopiques permettaient déjà de poser le diagnostic (J. Lissillour), qui est confirmé par les essais microchimiques (H. Agrinier), et par les rayons X (diagramme superposable à celui de la tétradymite-

type cristallisée de Schubkau). Dans la tétradymite est inclus un minéral lamellaire présentant les caractères optiques de la *bismuthinite*. Bien que la taille des plages ne dépasse pas le 1/4 de millimètre, la présence de Bi et S en microchimie confirme la détermination. Enfin, *Chalcopyrite*, dominante avec inclusions de *pyrite*, et petites plages de *blende* à émulsion de chalcopyrite.

Le tout est recoupé en tous sens par des veinules de cémentation à *covellite* et hydroxydes de fer, masquant souvent les relations marginales des constituants primaires. A noter de plus un peu de *malachite* et de *bismite* blanc-verdâtre.

L'examen spectrographique (G. Branche) montre l'absence d'or (moins de 1 p. p. m.) et une faible teneur en argent.

L'intérêt théorique de ces indices est double :

1° La présence de minéralisations en Sn, W, Mo, etc. rapprochée des indices signalés sur la cote Ouest de l'Ile [1] tend à montrer une sorte d'uniformité métallogénique des granites corses, dans les régions côtières du moins.

2° L'indice de Testa est le premier point à tétradymite signalé en France. Ses caractères tectoniques permettent de le rapprocher des indices voisins d'Aquella (qui contiennent un peu de bismuth d'ailleurs), donc à des minéralisations de type hercynien. En tous cas, l'absence d'or montre une différence radicale avec les gisements à tétradymite des chaînes européennes récentes (ceux des Carpathes par exemple).

(1) J. Geffroy, P. Le Goff et P. Routhier, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 547.

GÉOLOGIE. — *Tabulés des formations dévoniennes du Nord de l'Afrique.* Note de Mlle **Dorothée Le Maître**, présentée par M. Gaston Delépine.

Cette Note a pour but de faire connaître trois nouveaux genres de Favositidés pour lesquels je propose les noms de *Hamarilopora*, *Crenulipora*, *Pachystriatopora*. En voici les caractères essentiels :

1. *Hamarilopora* (de *Hamar Laghdad*), Génotype, *Hamarilopora minima* n. g., n. sp. (*fig.* 1 et 2). Ce sont des colonies baculiformes parasitant des tiges d'encrines à la manière de *Antholites speciosus* du Dévonien, *Emmonsia parasitica* et *Michelinia konincki* du Carbonifère.

Le manchon formé par le polypier autour du support crinoïdique, varie de 3 à 11 mm d'épaisseur. Les calices polygonaux sont de deux ordres de grandeur : les plus grands, 2 à 2,5 mm de diamètre, jouent le rôle de calices polaires; ils sont entourés d'une couronne de petits calices de 1 à 1,2 mm de diamètre; tous portent des épines septales.

Les lames minces révèlent les caractères fondamentaux suivants :

1° dans la partie proximale des polypiérites se trouvent des *tabulæ* minces, irréguliers, enchevêtrés, incomplets. On note aussi la présence d'épines massives, de teinte claire, dont les débris occupent les espaces intertabulaires;

2° dans les zones moyenne et distale des polypiérites les planchers ont disparu. Ils sont remplacés par un tissu vermiculé fait de débris septaux renflés en massue, en forme de virgules allongées ou de larmes bataviques. Les parois des polypiérites portent au voisinage de leur ouverture de longues épines irrégulières.

Le stéréoplasme est disposé en fibres *perpendiculaires* à l'axe médian des parois.

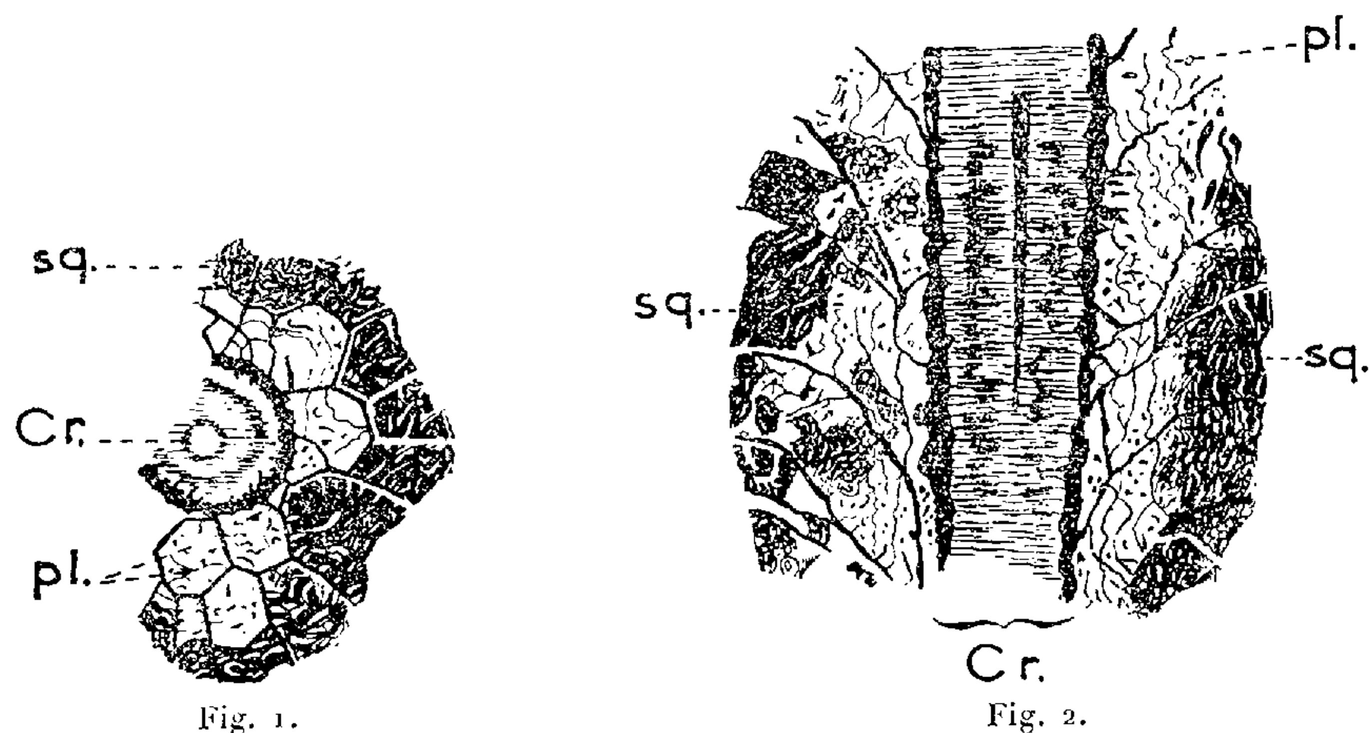


Fig. 1 et 2. — *Hamarilopora minima* Le Maître. 1. Coupe tangentielle; 2. Coupe longitudinale. (Gr. = 5) Cr, tige de crinoïde; pl, planchers; pl, tissu squameux.

En résumé, le genre *Hamarilopora* présente des planchers du type *Emmonsia*, mais localisés dans la zone inférieure des polypiérites, des épines septales rappelant celles de *F. ottiliae* et *Caliapora battersbyi*, mais irrégulières et restreintes au voisinage du bord distal. Il s'y ajoute un troisième caractère : le remplacement progressif des planchers pour un semis de débris septaux pouvant, ou rester libres, ou se souder partiellement formant alors un tissus squameux.

Le genre *Hamarilopora* est présent dans le Siegenien (Zerhamra, Sud-Oranais) et l'Eifélien inférieur (Hamar Laghdad, Tafilelt). Les espèces en seront décrites ailleurs.

2. *Crenulipora* (à calices *crénelés*), Génotype, *Crenulipora difformis* n. g., n. sp. (*fig.* 3 et 4). — Les colonies sont simples ou ramifiées, digitiformes et élargies en leur sommet. Le génotype mesure 80 mm de longueur, les diamètres variant de 12 à 20 mm à la partie proximale et de 16 à 33 mm à la partie distale. Les calices, quadrangulaires à hexagonaux, mesurent 2,5 à 3 mm de diamètre; ils ont un bord distal *irrégulier*, gaufré, étire et *crénelé*; les rides septales paraissent absentes tandis que les épines calicinales sont nombreuses.

A l'irrégularité des formes des calices se joint celle des planchers. Ceux-ci sont minces, obliques, parfois incomplets, s'appuyant les uns sur les autres de sorte qu'ils semblent

bifurqués. Ils portent des nodosités dues au recoupement des épines septales. Celle-ci sont courtes, massives, plus rarement acérées. Des débris d'épines sont présents entre les planchers. Les pores sont de densité variable.

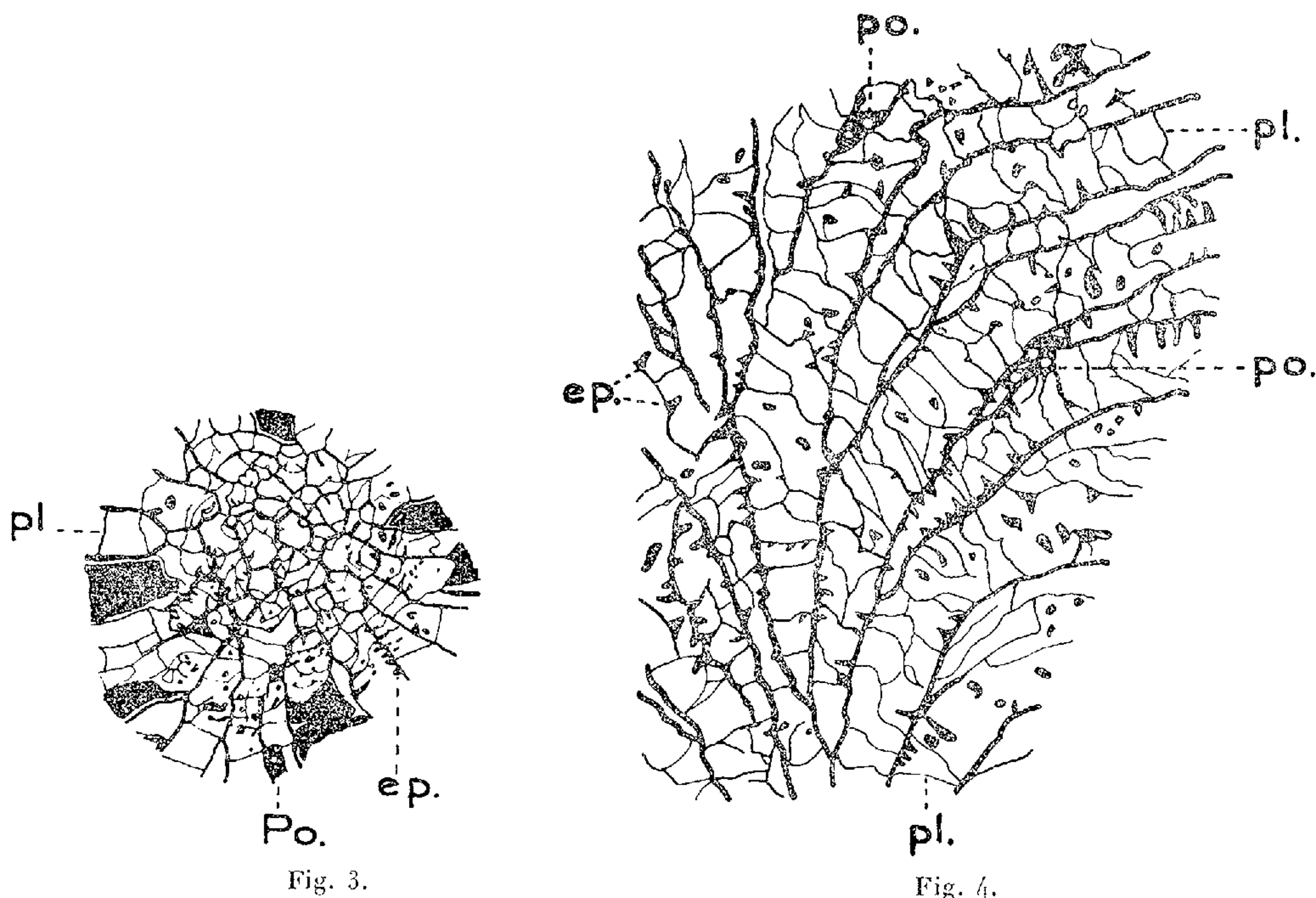


Fig. 3 et 4. — *Crenulipora difformis* Le Maître. 3. Coupe tangentielle; Coupe longitudinale. (Gr. = 5), ep. épines septales; pl, planchers; po, pores.

Le genre *Crenulipora* est donc caractérisé par :

1° des calices de forme irrégulière, à bord distal crénelé ;

2° l'irrégularité des planchers;

3° la présence d'épines massives en leur base, arrondies ou acérées en leur extrémité, et de débris d'épines épars dans les polypiérites.

Le genre est établi après examen de colonies provenant de l'Emsien (Foucauld, Maroc), de l'Eifélien inférieur (Hamar Laghdad et Médina l'Ihourd Tafilelt) et de l'Eifélien supérieur (Gisement du kilomètre 30, Sud-Oranais).

3. *Pachystriatopora* (par contraction : *Pachypora-Striatopora*), Génotype, *Pachystriatopora obliqua* n. g. n. sp :

Les colonies ainsi désignées présentent les caractères externes du genre *Striatopora*, et les caractères internes du genre *Pachypora*. Elles sont cylindriques et rameuses. Le génotype mesure 70 mm de longueur, 14 à 16 mm de diamètre. Les calices s'ouvrent très obliquement sur l'axe et présentent une lèvre supérieure bien développée. Les parois calicinales portent des bourrelets septaux séparés par des stries profondes et sur lesquelles les pores sont disposés en plusieurs rangées linéaires.

Obliquité des calices avec développement d'une lèvre supérieure, présence de bourrelets calicinaux sont deux caractères constants du genre *Striatopora*.

Mais la microstructure est celle du genre *Pachypora :* le stéréoplasme épais qui flanque les parois est formé de fines lamelles *parallèles* à la lumière des polypiérites. A ce caractère s'ajoutent la présence de planchers très fins de fréquence variable et l'absence d'épines septales. Hors des calices, les pores peuvent être rares.

Le genre *Pachystriatopora* a été trouvé dans l'Emsien supérieur et l'Eifélien inférieur de Hamar Laghdad (Tafilelt, Maroc).

SÉDIMENTOLOGIE. — *Influence d'une embouchure protégée par l'évolution sédimentologique d'une côte sableuse.* Note de M. **André Rivière** et Mlle **Solange Vernhet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La présence d'une embouchure protégée par des jetées peut modifier profondément la signification des aspects de la morphologie littorale.

Le Grau de Leucate qui met en communication l'étang et la Méditerranée, présente une orientation voisine de l'Est-Ouest. Au Sud du Grau, la plage s'étend généralement jusqu'au musoir de la jetée méridionale, pourtant plus longue que la jetée septentrionale qui n'est que rarement ensablée jusqu'à son extrémité. A première vue, ces faits paraissent impliquer la prédominance des transports littoraux résultant de l'action des vents marins du secteur Sud-Sud-Est sur ceux qui résultent de l'action des vents continentaux du secteur Nord-Ouest, plus fréquents et généralement plus violents. Pourtant, sur la plus grande partie de la côte languedocienne, l'observation des épis de défense conduit à des conclusions opposées [1]. Nous avons cherché l'explication de ces apparences contradictoires.

Par vent du Sud-Est, le courant de vagues littoral transporte vers le Cap Leucate le sable venu des embouchures roussillonnaises. Ces sables s'accumulent le long de la jetée méridionale et ont tendance à déborder rapidement son musoir. Une partie de ce trafic est alors entraîné, par l'action des vagues et du courant résultant de la surélévation au rivage des eaux marines, vers l'intérieur de l'étang où se constitue un delta interne étendu. En même temps, il y a ensablement progressif du Grau qui peut s'obturer complètement à la suite de tempêtes violentes et prolongées. Il est clair que ce phénomène réduit l'alimentation sédimentaire de la plage située au Nord du Grau plus que ne le ferait l'action d'un épi ordinaire et il est normal d'observer dans ces conditions une rapide érosion de la côte sous le vent des ouvrages.

Par vent du secteur Nord-Ouest, on peut observer un cheminement littoral rapide dirigé du Nord au Sud, en sens inverse du précédent. La plage de Leucate s'engraisse alors lentement le long de la jetée Nord

du Grau. Ce remblayage est d'ailleurs lent, sans doute en raison du fait que le cheminement n'est alors alimenté que par le stock sableux relativement limité correspondant aux quelques kilomètres de grèves qui séparent le Grau du Cap Leucate. La quantité de sable qui parvient à franchir le musoir de la jetée Nord est certainement très faible, mais de telles conditions météorologiques amènent une surélévation parfois considérable des eaux de l'étang le long du cordon littoral et un fort courant chargé de troubles entraîne, à la faveur de l'agitation, les sables accumulés dans le Grau et sur le delta intérieur de l'étang. Repris dans le courant littoral, les sédiments ainsi entraînés auront nécessairement tendance à venir se déposer dans la zone protégée au Sud de la jetée méridionale et compenseront les pertes résultant du départ (vers le Sud) du cheminement littoral. Contrairement à ce qui se passe pour un épi simple, il n'y aura pas dans ce cas particulier de tendance à l'amaigrissement de la partie de la plage située sous le vent des ouvrages. L'influence du courant du Grau est d'ailleurs si puissante par fort vent de Nord-Ouest qu'en décembre 1953, M. Fabry, Ingénieur des Ponts et Chaussées à la Nouvelle, a pu provoquer l'ouverture complète et durable de l'embouchure en ouvrant, *à la main*, un étroit passage aux eaux à travers la barre sableuse qui l'obstruait depuis longtemps ([2]).

La morphologie de la plage de Leucate au voisinage du Grau s'explique donc sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir la prédominance, très hypothétique, de l'action des vents du secteur Sud-Sud-Est. Les phénomènes décrits impliquant une alimentation réduite de la partie de la plage comprise entre le Grau et le Cap Leucate (lequel arrête nécessairement la plus grande partie des cheminements venant du Nord) donnent aussi une explication simple du recul du rivage observé depuis quelques décades dans cette zone.

La présence d'embouchures, et surtout d'embouchures protégées par des jetées, peut donc altérer profondément la signification sédimentologique de la morphologie des plages sableuses.

([1]) S. Vernhet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1747.
([2]) Fabry, renseignement oral.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Déplacement des aires d'envasement dans l'estuaire de la Loire*. Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude des variations de la turbidité d'une tranche d'eau au cours de ses déplacements dans l'estuaire a permis la prévision des zones de dépôt des sédiments fins.

L'étude des déplacements d'une tranche d'eau du fleuve, matérialisée

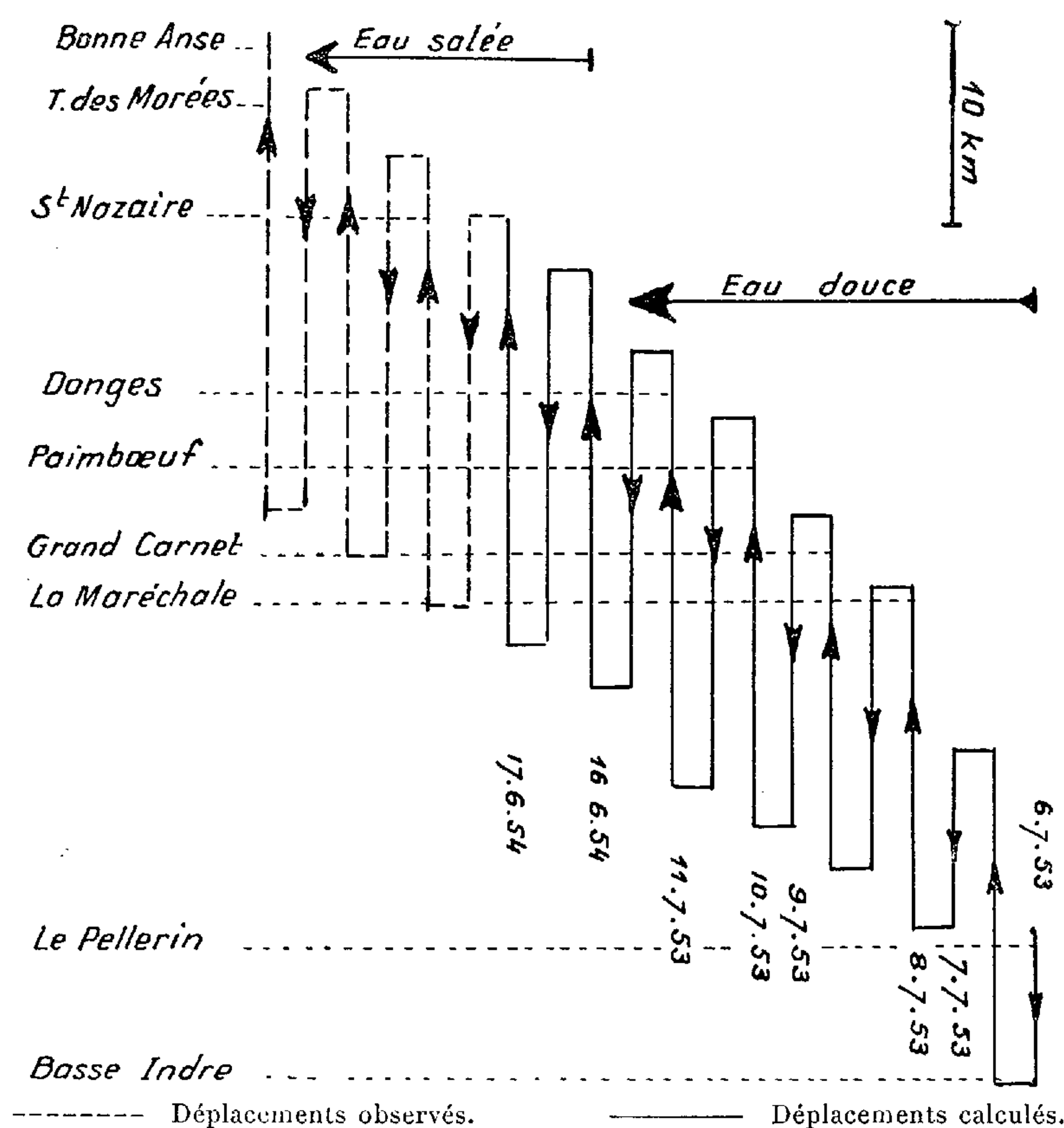
par un bâton lesté de 4 m de longueur, immergé de 3,80 m a été faite du 6 au 12 juillet 1953 et les 16 et 17 juin 1954, entre Basse-Indre et Saint-Nazaire.

Pendant ces périodes, le débit du fleuve a oscillé entre 380 et 480 m^3/s et les coefficients de marée entre 56-57 et 76-78.

La vitesse moyenne de la tranche d'eau supérieure a été donnée par la position du flotteur déterminée 299 fois. Autres observations : courant en surface, à mi-profondeur et au fond : 559 mesures. Turbidité : 1638 mesures. Salinité : 526 dosages. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Une tranche d'eau douce n'augmente pas sa teneur en sel au cours de ses déplacements entre Basse-Indre et Donges. La salinité augmente rapidement en aval de ce dernier point.

2° Les distances parcourues en flot et en jusant par une tranche d'eau augmentent au cours de sa progression vers l'aval (*fig.* 1).



-------- Déplacements observés. ———— Déplacements calculés.

3° Le dépôt des sédiments est très important, parfois quasi total, pendant les périodes avoisinant les étales. La sédimentation est plus longue et plus active en eau salée qu'en eau douce pendant les étales de jusant et de flot.

4° D'importantes remises en suspension des sédiments déposés ou en cours de dépôt à proximité du fond sont observées dans les zones intermédiaires entre les points d'étale.

5° Il est donc possible de prévoir que l'accumulation des sédiments fins atteindra son maximum dans les zones estuariennes où le produisent le plus grand nombre d'étales ou de passage alternatifs des eaux.

6° Les expériences précédentes ont montré que, dans des conditions fluviales et océaniques analogues à celles des présentes observations, les eaux remontant à Bonne Anse, en période de flot, ont une turbidité négligeable.

7° Par conséquent, dans les conditions fluviales et océaniques présentes, c'est entre Paimbœuf-La Maréchale où est réalisé le maximum de passages et d'étales (13 passages) que les dépôts de sédiments fins seront plus importants. C'est effectivement ce qui a toujours été remarqué.

8° Dans ces mêmes conditions, il ne se produira pas de dépôts importants de sédiments dans la région amont (Le Pellerin).

9° Par faible débit du fleuve et en grande marée de vive eau, les eaux turbides pourront atteindre le port de Nantes et s'y déposer (1) surtout si ces eaux sont chaudes (automne).

10° Par contre, dans la région Paimbœuf-Donges (inflexion des Brillantes) des dépôts de sédiments fins se produiront en marée de morte eau avec un débit moyen du fleuve ou en marée moyenne avec un débit du fleuve voisin de 1000 m^3/s.

11° Une confirmation intéressante de ces dernières prévisions a été obtenue en septembre 1956. Du 8 au 19 septembre, le débit du fleuve a varié de 550 à 950 m^3/s et les coefficients de marée ont été 99-92; 33-32; 80-84. Des dépôts importants de sédiments fins se sont produits entre Paimbœuf et Donges.

(1) L. Berthois, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 106.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Au sujet du facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour, dans la région de Roscoff.* Note de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour semble être maximum pour les directions normales à celle du Soleil. Dans les eaux assez troubles de la région de Roscoff, il atteint 20 % lorsque le ciel est couvert, et 30 % lorsque le ciel est bleu. Dans ce dernier cas il semble diminuer lorsque la profondeur augmente.

Les résultats qui suivent ont été établis dans la région de Roscoff, à l'aide d'un polariscope de Savart manié en scaphandre autonome, suivant une

méthode photographique déjà utilisée antérieurement dans la rade de Villefranche [1], [2]. Nous avons effectué quatre séries de mesures.

1° A « Astan », le 27 juillet 1956 à 15 h ($i = 55°$, $i' = 38°$) [3], par ciel bleu ($\rho = 0,52$ à 45° de l'horizon dos au Soleil, $\rho = 0,27$ à l'horizon dos au Soleil) :

	ρ.
à 8 m de profondeur, à l'horizontale dos au Soleil	0,28
à 14 m de profondeur, à l'horizontale dos au Soleil	0,22

2° Au « Paradis », le 31 juillet 1956 à 10 h 30 ($i = 44°$, $i' = 31°$), par ciel assez couvert ($\rho = 0,14$ à l'horizon dos au Soleil, $\rho = 0$ au zénith), à 15 m de profondeur :

	ρ.
à la verticale vers le haut	$<0,03$
à 45° vers le haut face au Soleil	0,03
à l'horizontale face au Soleil	0,14
à 45° vers le bas face au Soleil	0,15
à la verticale vers le bas	$<0,03$
à 45° vers le bas dos au Soleil	0,08
à l'horizontale dos au Soleil	0,20
à 45° vers le haut dos au Soleil	0,12

3° A « Astan », le 6 août 1956 à 12 h, par ciel complètement couvert ($\rho = 0$ à l'horizon dans une direction normale à celle du Soleil) :

	ρ.
à 5 m de profondeur, à l'horizontale dans une direction normale à celle du Soleil	0,18
à 10 m de profondeur, à l'horizontale dans une direction normale à celle du Soleil	0,20
à 20 m de profondeur, à l'horizontale dans une direction normale à celle du Soleil	0,18

4° Au « Gaughou », le 22 août 1956 à 15 h 30 ($i = 47°$, $i' = 33°$), par ciel bleu ($\rho \neq 0,5$ à 45° de l'horizon dos au Soleil), à 10 m de profondeur :

	ρ.
à la verticale vers le haut	0,07
à 45° vers le haut face au Soleil	0,06
à l'horizontale face au Soleil	0,14
à 45° vers le bas face au Soleil	0,34
à la verticale vers le bas	0,07

et dans un plan vertical normal au plan vertical passant par l'observateur et par le Soleil :

	ρ.
à 45° vers le haut	0,10
à l'horizontale	0,20
à 45° vers le bas	0,15

Enfin, en ce qui concerne l'orientation du champ électrique prédominant, celui-ci est horizontal pour les directions de visée se trouvant dans un plan vertical passant par l'observateur et par le Soleil (ce qui est le cas pour la première série, la deuxième série et la première partie de la quatrième série de mesures), et, lorsque la direction de visée se trouve dans un plan vertical normal au précédent, fait avec l'horizontale un angle égal en moyenne à 32° dans la deuxième partie de la quatrième série de mesures (par ciel bleu), et égal en moyenne à 13° dans la troisième série de mesures (par ciel couvert).

De ces mesures il semble que l'on puisse tirer les conclusions suivantes :

1° Le facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour atteint 20 % même lorsque le ciel n'est pratiquement pas polarisé (3e série de mesures), et même dans des eaux relativement troubles [4] (limite de visibilité en plongée de l'ordre de 5 m). Ce qui montre qu'une notable partie de la polarisation sous-marine n'est due ni à la polarisation du ciel ni à la diffusion moléculaire, mais bien à la diffusion par les particules en suspension dans l'eau de mer.

2° Le facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour passe par un maximum dans les directions sensiblement normales à la direction apparente du Soleil dans la mer (2e et 4e séries de mesures), et au contraire par un minimum dans les directions voisines de celle du Soleil ou de son opposé.

3° Lorsque le ciel est polarisé, le facteur de polarisation sous-marine augmente, tout au moins aux profondeurs ne dépassant pas 10 m dans les eaux relativement troubles (1re et 4e séries de mesures, comparées à la 2e et à la 3e). Il semble diminuer lorsque la profondeur augmente (1re série de mesures), contrairement à ce qui se passe lorsque le ciel est complètement couvert (3e série de mesures). Ce qui montre que même dans les eaux relativement troubles l'influence de la polarisation du ciel (sur le facteur de polarisation sous-marine, mais aussi, d'après la remarque faite ci-dessus, sur l'orientation du champ électrique prédominant) est notable jusqu'aux profondeurs de l'ordre d'une dizaine de mètres.

4° Il semblerait que, tout au moins par ciel bleu et à des profondeurs ne dépassant pas 10 m, le facteur de polarisation sous-marine atteint sensiblement la même valeur (de l'ordre de 30 %) dans les eaux relativement troubles de la région de Roscoff (1re et 4e séries de mesures) et dans les eaux relativement limpides de la rade de Villefranche [1] [2]. Ce qui signifierait que des eaux de propriétés absorbantes et diffusantes très différentes [4] peuvent avoir des effets polarisants assez analogues. Mais il convient d'être très prudent dans la discussion de ces premiers résultats concernant le facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour, le nombre des variables étant important, alors que les mesures sont encore peu nombreuses et peu précises (erreur relative pouvant atteindre 20 %).

(1) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1809.
(2) A. Ivanoff, *Ann. Géophys.*, 12, 1956, p. 45.
(3) Nous appelons facteur de polarisation ρ le rapport I_p/I de l'intensité de la lumière polarisée à l'intensité totale. Nous appelons i et i' les angles d'incidence et de réfraction correspondant aux rayons solaires directs.
(4) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 00.

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Résultats de dosages du peroxyde d'azote atmosphérique.* Note de Mlle **Olga Tanaevsky**, transmise par M. Eugène Darmois.

Les concentrations de peroxyde d'azote dans l'atmosphère sont plus élevées à Paris que dans la région parisienne.

Le dosage du peroxyde d'azote de l'air au voisinage du sol, suivant une méthode analogue à celle utilisée par J. L. Edgar et F. A. Paneth (1) a été effectué à Paris, quai Branly, et à la Station scientifique du Val-Joyeux (latitude 48°49′ N, longitude 2°1′ E). Ce dosage consiste à condenser les gaz de l'atmosphère sur du silica gel. Toutefois, nous avons préféré préparer ce gel suivant la méthode plus récente de C. J. Plank (2) qui consiste à refroidir une solution de silice et une solution diluée d'acide chlorhydrique. Ces solutions mélangées forment un gel qui est lavé d'abord à l'acide chlorhydrique dilué, puis à l'eau jusqu'à la disparition de tous les ions de Cl. Séché plusieurs jours à 150° C puis calciné à 550° C le gel ainsi obtenu est à pores très fins; il adsorbe et désorbe parfaitement le peroxyde d'azote. Le gel est refroidi à la température de l'air liquide, en élevant ensuite la température nous séparons les autres gaz de l'air du peroxyde d'azote qui, vaporisé à son tour, est transformé en nitrate de potassium (eau oxygénée + alcali) qui, lui, est dosé par colorimétrie (l'électrophotomètre de P. Meunier a été utilisé) après formation d'un dérivé nitré du xylène 2-4 ol (méthode de Mac Vey) (3). Chaque expérience porte sur 1000 à 1500 l d'air. Les résultats ainsi obtenus sont exacts à 10 % près.

Voici les pourcentages (en volume) de peroxyde d'azote effectivement mesurés :

Date de l'expérience 1956.	Lieu de l'expérience.	Conditions atmosphériques.	NO_2 en volume 10^{-6} (%).
23 juin..........	Paris	Couvert, un peu de pluie	0,7
25 »	Paris	Nuageux, avec éclaircies	0,6
10 juillet........	Val-Joyeux	Couvert	0,4
19 septembre	Val-Joyeux	Soleil	0,3
26 »	Paris	Couvert, pluie	2,0
27 »	Paris	Nuageux, avec éclaircies	2,5
3 octobre.......	Paris	Nuageux, soleil	0,5
10 »	Val-Joyeux	Soleil	0,2

D'après ces premiers résultats nous voyons que les valeurs obtenues à Paris sont supérieures à celles observées à la campagne; en effet, si nous effectuons la moyenne de ces résultats nous trouvons pour Paris $1{,}26.10^{-6}$ % et $0{,}3.10^{-6}$ % pour la campagne.

D'autre part, il semblerait que par temps couvert le pourcentage de peroxyde d'azote dans l'air soit légèrement plus grand que par beau temps, sans que le nombre de mesures effectué jusqu'à ce jour permette d'affirmer l'existence d'une telle corrélation.

Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur que ceux trouvés par J. L. Edgar et F. A. Paneth (²), mais nous avons en outre l'avantage de pouvoir comparer des mesures en ville et en pleine campagne.

(¹) *J. Chem. Soc.*, 1941, p. 511.
(²) *Catalysis*, 1, 1954, p. 341 (Reinhold).
(³) *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, 18, 1935, p. 459.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la fécondation chez* Cephalotaxus. Note de M. **Michel Favre-Duchartre**, présentée par M. Raoul Combes.

Cette étude concerne la chronologie de la formation et la structure des gamètes de *Cephalotaxus*, l'existence possible d'oosphères binucléées fécondables, la participation du chondriome ♂ à la constitution de l'œuf et les divisions du noyau ♂ surnuméraire dans le cytoplasme ♀, certains résultats pouvant probablement être étendus à d'autres Conifères.

Depuis les études d'Arnoldi (¹), de Coker (²) et de Lawson (³), la fécondation chez *Cephalotaxus* n'a été, à notre connaissance, l'objet d'aucune recherche cytologique. Certains des faits exposés ci-dessous réfutent les assertions ou interprétations de l'un ou de plusieurs de ces auteurs.

Notre matériel provient d'un *Cephalotaxus drupacea* ♀ du Jardin des Plantes de Paris, dont nous avons fixé de nombreux ovules de deuxième année (Regaud, Navachine, Helly et Méves) en 1955.

Peu avant la fécondation (mi-juin), le noyau de la cellule centrale, qui est alors tout proche du col archégonial, se divise. Les mitoses de maturation ne sont pas simultanées dans les divers (2 à 6) archégones d'un même prothalle ♀ (*fig.* 1), tandis que nous avons montré (⁴) qu'elles le sont rigoureusement chez *Ginkgo*. Aucune membrane ne sépare le noyau de l'oosphère de son frère, le noyau ventral du canal. Dans tous les cas observés par nous, ce dernier dégénère à l'apex de la cavité archégoniale. Par contre, le noyau de l'oosphère augmente de volume et gagne, le long du grand axe de la cavité archégoniale, un niveau voisin de son quart supérieur (*fig.* 1). Des filaments chromatiques restent bien décelables dans

le noyau ♀. Un chondriome, constitué surtout d'éléments granuleux, est groupé en particulière abondance tout autour du noyau et également de façon à constituer deux ou trois sphères creuses contiguës alignées sous le noyau de l'oosphère (*fig.* 3). Dans le cytoplasme du gamète ♀ on observe de plus, des granules acidophiles alvéolisés et du vitellus.

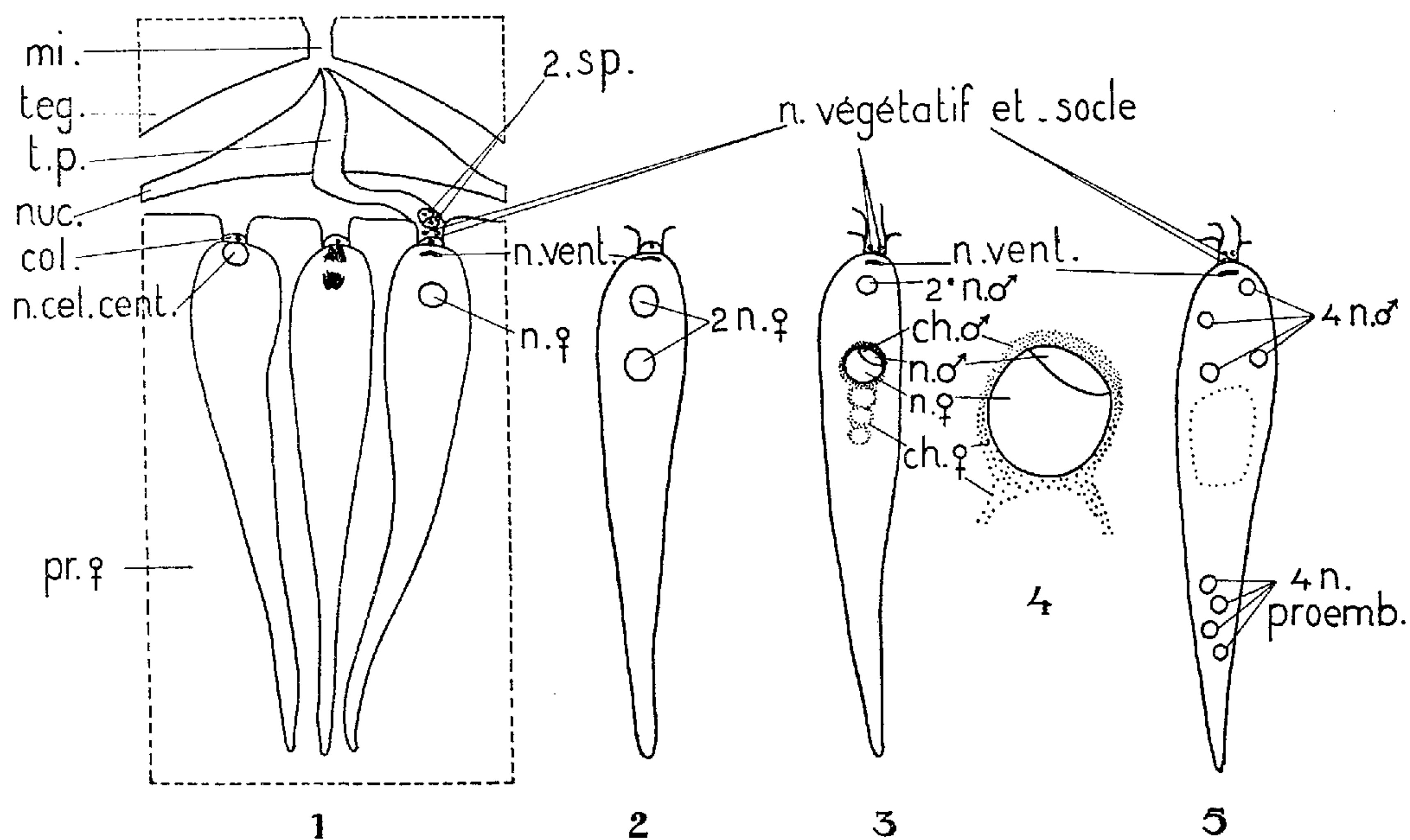


Fig. 1. — 1. Fragment d'apex d'un ovule de *Cephalotaxus*. 2. Oosphère binucléée. 3. Fécondation. 4. Détail de 3. 5. Proembryon au stade de quatre noyaux diploïdes. mi, micropyle; teg., tégument; t. p., tube pollinique; nuc., nucelle; n. cel. cent., noyau de cellule centrale; pr. ♀, prothalle ♀; 2 sp., 2 spermatozoïdes; n. vent., noyau ventral du canal; n. ♀, noyau de l'oosphère; ch., chondriome. 1, 2, 3, et 5 × 1 000. 4 × 3 000.

Dans 1 archégone sur 50 environ, on observe, en plus du noyau ventral du canal, dégénéré sous le col, *deux* noyaux de même volume superposés l'un à l'autre (*fig.* 2). Nous pensons que ces deux noyaux résultent [comme probablement aussi ceux que l'on a signalés dans les archégones de *Tsuga*, *Abies*, *Pseudolarix*, *Cedrus* et *Pinus* ([5])] de la division de celui qui fonctionne habituellement comme noyau du gamète ♀, mais nous n'avons pas encore eu la chance d'assister à cette division exceptionnelle.

A l'extrémité du tube pollinique, on observe d'abord seulement trois noyaux : le noyau végétatif et le noyau-socle (frère du noyau spermatogène), tous deux de petite taille et très chromatiques, et le noyau spermatogène, légèrement en retrait, ovoïde, beaucoup plus volumineux et moins chromatique que les deux autres. Dans un même ovule, le noyau spermatogène se divise tantôt un peu avant, tantôt un peu après les noyaux des cellules centrales, alors que ces divisions sont synchrones

chez *Ginkgo* ([4]). Les deux noyaux spermiques produits par cette mitose contiennent des filaments Feulgen-positifs. Ils sont entourés d'un cytoplasme dense, riche en mitochondries de très petite taille, nettement plus fines que les éléments mitochondriaux ♀. Ces deux noyaux ♂ sont séparés par une membrane en deux cellules spermiques de taille égale (*fig.* 1).

Le noyau végétatif et le noyau-socle ne pénètrent pas dans l'archégone (*fig.* 3 et 5). L'un des deux noyaux spermiques, prédestiné non par sa taille mais par sa position en avant au moment de la pénétration, va s'accoler au pronucléus ♀, perdant alors sa forme globuleuse pour devenir lenticulaire (*fig.* 4). L'autre noyau ♂ pénètre également mais reste à mi-chemin entre le noyau de fusion et le col (*fig.* 3). Le chondriome des *deux* cellules spermiques, libéré par la disparition des membranes de ces dernières, vient s'accoler au noyau de fusion et l'entoure progressivement (*fig.* 3 et 4). Lawson et Coker écrivent que le cytoplasme ♂ dense entoure le noyau de fusion de *Cephalotaxus* et Baird ([6]) répète cette assertion à propos du genre *Callitris*, mais aucun de ces auteurs ne fait cas du chondriome. Chez *Pinus*, au contraire, Mangenot ([7]) montre que le chondriome ♂ dégénère, en même temps que le deuxième noyau ♂, à la périphérie du cytoplasme de l'œuf.

Le noyau ♂ surnuméraire de *Cephalotaxus* se divise mitotiquement en même temps que les deux premiers noyaux diploïdes. Aux stades ultérieurs du développement proembryonnaire, on observe, à la partie supérieure de la cavité archégoniale, quatre noyaux provenant de la division des deux noyaux, fils du noyau ♂ surnuméraire (*fig.* 5). Le fait de n'avoir jamais observé ces deux noyaux en mitose, mais des figures évoquant leur étranglement, leur étirement et leur séparation en deux nous fait penser qu'ils se divisent, cette fois-ci, amitotiquement. Les noyaux observés à la partie supérieure des proembryons de *Thuja* et d'*Abies* ([8]) proviennent vraisemblablement aussi du développement parthénogénétique du deuxième noyau ♂. Les oosphères binucléées peuvent être fécondées : l'un des deux noyaux ♀ reçoit le noyau ♂ fécondant et l'autre noyau ♀ dégénère sans que le noyau ♂ surnuméraire s'y fusionne. On peut se demander si ce phénomène ne représente pas un prélude de la double fécondation des Angiospermes : la tendance à la division du pronucléus ♀ s'accentuant, le spermatozoïde encore inutilisé chez *Cephalotaxus* devenant fonctionnel, la condition angiospermique se trouverait réalisée.

([1]) *Flora*, 87, 1900, p. 46-63.
([2]) *Bot. Gaz.*, 43, 1907, p. 1-10.
([3]) *Annals of Botany*, 21, 1907, p. 1-23.
([4]) *Rev. de Cyt. et Biol. Végét.*, 17, 1956, p. 104 et 126.
([5]) *In* SCHNARF, *Handbuch der Pflanzenanatomie*, 2, *Embryologie der Gymnospermen*, 1933, p. 114.

(6) *Phytomorph.*, 3, 1953, p. 276.
(7) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 364.
(8) *In* CHAMBERLAIN, *Gymnosperms, structure and evolution*, 1935, p. 341.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les* Catharanthus *de Madagascar*. Note de MM. **ROBERT PERNET, GEORGES MEYER, JEAN-MICHEL BOSSER** et **GABRIEL RATSIANDAVANA**, présentée par M. Raoul Combes.

Le genre *Catharanthus* (famille des Apocynacées), comprend à Madagascar, d'après M. Pichon, cinq espèces. Les premières décrites ont d'abord été rattachées au genre *Vinca : V. rosea* L., *V. lancea* Boj., ex D.C., *V. tricophylla* Bak. Elles furent ensuite groupées dans le genre *Lochnera* et devinrent : *L. rosea* (L) Reichb., *L. lancea* (Boj.) K. Schum., *L. trichophylla* (Bak.) Pichon. Deux nouvelles espèces vinrent s'ajouter à cette liste : *L. longifolia* Pichon et *L. scitula* Pichon.

Finalement l'antériorité du nom générique *Catharanthus* ayant été reconnue, elles furent rattachées à ce genre (3).

L'étude chimique des espèces suivantes a été entreprise : *Catharanthus roseus* (L) G. Don. C'est une espèce pantropicale se présentant sous une forme pileuse que l'on rencontre en général dans l'Est et dans le Sud de l'Ile, et une forme glabre que nous avons récoltée à Tananarive. *Catharanthus lanceus* (Boj.) Pichon. Espèce endémique des Hauts plateaux malgaches, végétant dans les rocailles, sur les pentes sèches, dans les Savoka à *Helychrysum. Catharanthus trichophyllus* (Bak.) Pichon. Espèce que nous avons récoltée sur les grès de l'Isalo et qui est signalée également de la côte Est. *Catharanthus longifolius* Pichon. Espèce endémique, en culture au jardin botanique de Tsimbazaza à Tananarive, dont l'origine est le centre Sud de l'Ile.

Nous basant sur les études de Janot, J. Le Men (1) et R. Paris, H. Moyse-Mignon (4) qui ont isolé à partir de deux de ces espèces *C. lanceus* et *C. roseus* un alcaloïde du groupe de la yohimbine, nous avons recherché la nature des composants alcaloïdiques des espèces précitées.

Nous avons essayé plusieurs modes d'extraction classiques. Les meilleurs rendements ont été obtenus par une extraction chloroformique avec l'appareil de soxhlet sur une poudre de plante macérée en milieu ammoniacal. Le chloroformat évaporé laisse un résidu résineux qui, repris par l'acide chlorhydrique 3 %, est épuisé à nouveau par le chloroforme. La masse alcaloïdique obtenue après évaporation du solvant est sommairement purifiée par une reprise au méthanol bouillant.

Nous avons essayé sur les différents extraits une séparation chromatographique sur papier en utilisant les solvants suivants : *n* butanol/acide

acétique/eau (4/1/5) (²) sur papier Watman I avec 24 h de développement; *n* butanol/acide chlorhydrique/eau (10/2/10) sur papier Watman IV avec 18 h de développement à 20° et une révélation au sous-nitrate de bismuth-iodure de potassium (³). Nous avons fait migrer sur les mêmes bandes, comme témoin, une solution de yohimbine.

Dans les deux solvants tous nos extraits n'ont donné qu'un seul spot de R_f exactement égal à celui de notre témoin.

Ayant opéré avec deux solvants différents, il y a donc forte probabilité pour que nos extraits ne contiennent que de la yohimbine.

Nous avons ensuite étudié la toxicité des extraits sur souris et obtenu les résultats reportés sur le tableau suivant.

Espèce.	Partie.	Alcaloïdes bruts (%).	DL 50 (ml/kg).
Catharanthus lanceus Pichon	Tiges feuillées	0,10/0,15	1
	Racines	0,34	
» *longifolius* Pichon	Plante entière	0,22	7
» *roseus* G. Don, forme glabre.	Tiges feuillées	0,05/0,10	4
	Racines	0,15	
» » forme pileuse	Tiges feuillées	0,12/0,55	5
	Racines	0,40	
» *tricophyllus* Pichon	Tiges feuillées	0,13	6,5
	Racines	0,20	

Les symptômes présentés par les souris intoxiquées sont identiques à ceux dûs à l'intoxication par des sympathicolytiques du type yohimbine.

L'action sera précisée ultérieurement sur organes isolés et *in situ*.

(¹) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1311.
(²) G. MEYER et R. PERNET, *Arch. Inst. Pasteur Madag.*, 1956, p. 34.
(³) R. MUNIER et M. MACHEBOEUF, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 846.
(⁴) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1993.
(⁵) M. PICHON, *Mém. Muséum Hist. Nat.*, Paris, 27, fasc. 6, 1948, p. 237.

ENDOCRINOLOGIE. — *Application de la méthode à l'acide periodique-Schiff* (Mac Manus) *à l'étude de l'hypophyse fœtale du Rat.* Note de MM. **ALFRED JOST** et **RAYMOND TAVERNIER**, présentée par M. Robert Courrier.

Des cellules *Mac Manus* positives apparaissent dans le lobe antérieur de l'hypophyse du fœtus de Rat au cours de deux étapes successives: au stade de 15 jours dans la partie antérieure et ventrale; à 17 jours dans la région centrale. Ces données ont peut-être un intérêt physiologique.

Des recherches antérieures effectuées sur le Lapin (¹), (²) et sur le Poulet (³) ont montré l'intérêt de la méthode à l'acide periodique-Schiff, selon Mac Manus, dans l'étude histophysiologique de l'hypophyse fœtale.

Avant de rapporter les résultats de recherches similaires effectuées sur l'embryon de Rat, il est bon de préciser brièvement l'organogenèse de la glande, telle qu'elle nous est apparue dans des coupes d'embryons d'âge échelonné entre 14 jours et demi et 21 jours et demi, c'est-à-dire juste avant le terme.

Au stade de 14 jours et demi, la poche de Rathke, appuyée par sa partie supérieure à l'ébauche du lobe nerveux, a la forme d'une poche fortement aplatie d'avant en arrière et plus large que haute (*fig.* 1 et 2). L'ébauche présente donc une paroi antérieure et une paroi postérieure; cette dernière donnera sans grand changement le lobe intermédiaire. La paroi antérieure, au contraire, déprimée en gouttière verticale, est le siège de processus organogénétiques importants. Dans sa partie inférieure — au niveau du point d'insertion du pédoncule hypophysaire primitif, encore relié au stomodeum — pousse une lame épithéliale, la « lame antérieure », qui remonte le long de la paroi antérieure jusqu'à venir au contact de la tige hypophysaire et de la *pars nervosa* (*fig.* 1 à 4). L'espace compris entre la paroi antérieure primitive de la poche de Rathke et la « lame antérieure » sera progressivement comblé par des bourgeons épithéliaux et formera la partie centrale du lobe glandulaire.

Au point de vue histophysiologique, il est important de noter qu'à 15 jours s'installe la vascularisation de l'excroissance antérieure. Enfin à 17 jours l'organisation d'ensemble et la vascularisation de la glande sont définitivement ébauchées (*fig.* 3).

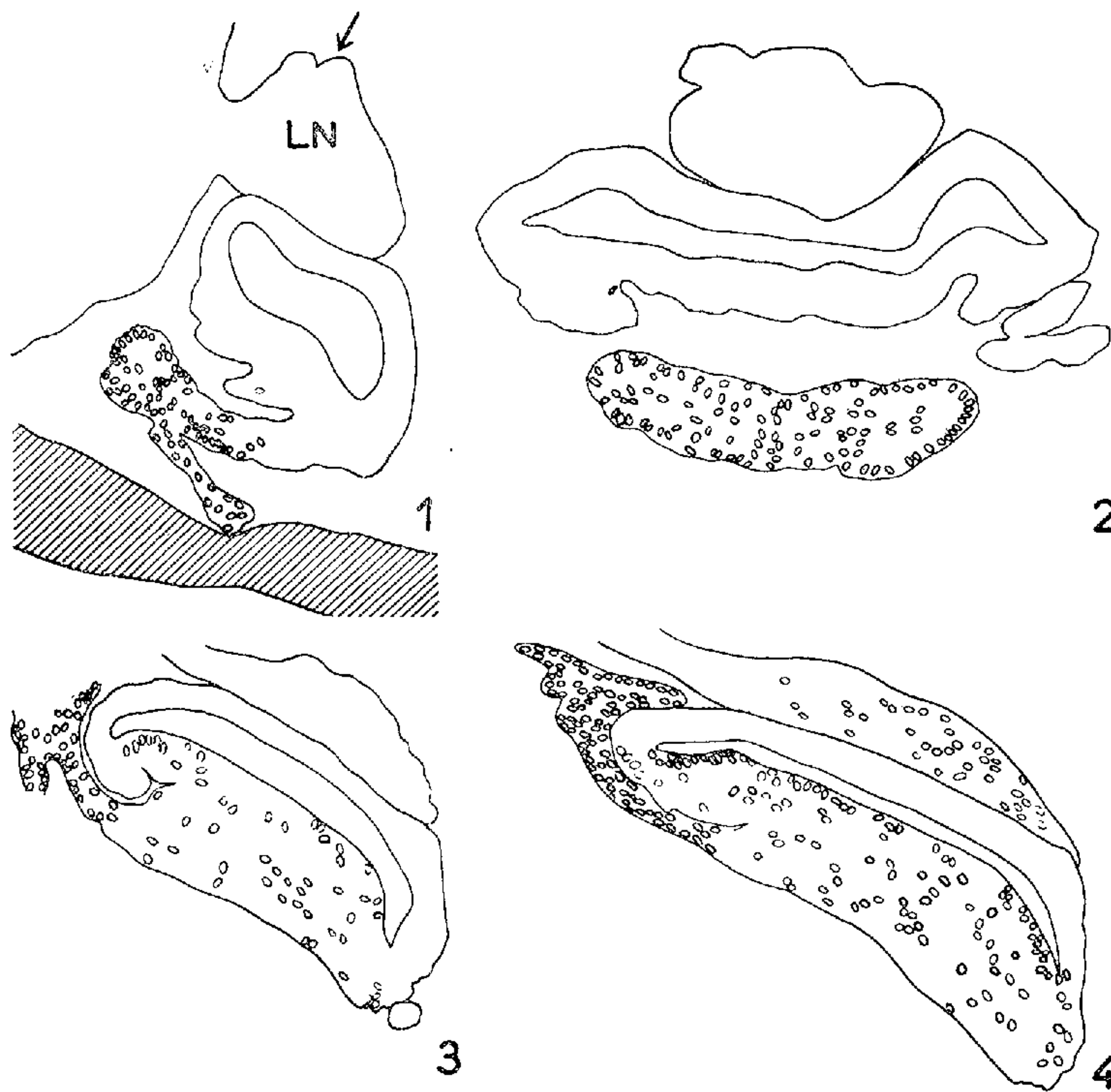
L'application de la méthode à l'acide periodique-Schiff à des coupes fixées au Helly ou au Rossman, selon la technique déjà décrite [2], permet de mettre en évidence les faits suivants (*cf.* tableau) [4].

Évaluation de la quantité d'inclusions Mac Manus *positives contenues dans les diverses parties du complexe hypophysaire, en fonction du stade.*

	Lobe antérieur.					
Stade (j).	Pédoncule primitif.	Extrémité de la lame antérieure.	Bord de la fente.	Région centrale.	Lobe intermédiaire.	Lobe nerveux.
14	o	± o	o	o	o	o
15	+	+	± o	± o	o	o
16	+	+	± o	± o	o	o
17	+	+	+	+	o	o
18		+	+	+	o	± o
19		+ +	+ +	+ +	o	+
20		+ +	+ +	+ +	o	+ +
21		+ +	+ +	+	o	+ +

Évaluation du nombre des cellules *Mac Manus* positives, basée sur des numérations : o, absentes; ± o, rares et inconstantes; + et + +, nombreuses ou très nombreuses.

Au stade de 15 jours et demi, de nombreuses cellules contenant d'abondantes mottes de substances colorées en rouge par la technique de Mac Manus apparaissent dans l'extrémité de la « lame antérieure » et dans le pédoncule primitif (*fig.* 1 et 2). Cette région subit ensuite une vacuolisation intense et curieuse, mais jusqu'au terme les parties de l'hypophyse qui en dérivent, en particulier le bord antérieur et ventral de la glande, restent riches en inclusions Mac Manus positives.



Contour des coupes d'hypophyses de fœtus de Rat, et contour du noyau des cellules *Mac Manus* positives (trait plus épais pour les cellules les plus riches en inclusions) (× 100).

Fig. 1. — Stade de 15 jours et demi, coupe sagittale.

Fig. 2. — Coupe frontale, d'une autre hypophyse du même stade, passant à peu près au niveau de la flèche indiquée sur la figure 1; remarquer la « lame antérieure » riche en cellules *Mac Manus* positives.

Fig. 3. — Stade de 17 jours et demi, coupe sagittale.

Fig. 4. — Stade de 19 jours et demi, coupe sagittale.

(L. N., lobe nerveux; les coupes sagittales sont orientées bord antérieur à gauche).

Au stade de 17 jours et demi, des cellules Mac Manus positives apparaissent sur le bord de la fente hypophysaire (paroi antérieure de la poche de Rathke primitive) et dans les cordons de la région centrale (*fig.* 3). Là, leur nombre après s'être accru jusqu'aux stades de 19 à 20 jours environ, diminue à nouveau légèrement juste avant le terme (tableau), mais moins que chez le Lapin. Tout récemment J. B. Phillips et L. K. Piip (³)

ont également noté la présence de cellules Mac Manus positives dans le lobe antérieur de fœtus de rat de 17 et de 20 jours.

Enfin, après 18 jours, le lobe nerveux renferme de nombreuses et fines inclusions positives; le lobe intermédiaire en reste dépourvu, contrairement à ce qui se passe chez le Lapin.

Il est intéressant de rapprocher ces données de celles enregistrées chez l'adulte. Selon H. D. Purves et W. E. Griesbach (6), on peut distinguer dans l'hypophyse du Rat adulte deux types de cellules Mac Manus positives : 1° les cellules gonadotropes, localisées surtout sur le bord antérieur du lobe glandulaire (région qui, chez l'embryon, dérive de la « lame antérieure » et dans laquelle les cellules Mac Manus positives apparaissent au stade de 15 jours); 2° les cellules thyréotropes, localisées dans la région centrale du lobe antérieur (région où chez l'embryon les cellules Mac Manus positives apparaissent à 17 jours).

Il est donc possible qu'au cours du développement, se différencient dans l'hypophyse du Rat, d'abord les cellules gonadotropes à 15 jours, puis les cellules thyréotropes, à 17 jours. On pourra se rappeler à ce sujet que, dans le fœtus de Rat, l'interstitielle testiculaire est déjà bien développée à 16 jours et que la thyroïde donne ses premiers signes d'éveil vers 18 jours.

Les hypothèses histophysiologiques que suggèrent ces faits devront être confrontées avec l'expérience.

(1) A. Jost et P. Danysz, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 1062.
(2) A. Jost et P. Gonse, *Arch. Anat. micr. et Morphol. expérim.*, 42, 1953, p. 243.
(3) *Voir* A. Tixier-Vidal, *Arch. Anat. micr. et Morphol. expérim.*, 43, 1954, p. 163.
(4) Les détails de ces recherches ont été rapportés dans un Diplôme d'Études Supérieures (dactylographié) présenté par R. Tavernier, devant la Faculté des Sciences de Paris, le 27 octobre 1956.
(5) *Anat. Rec.*, 125, 1956, p. 573 (abstract.).
(6) *Endocrinology*, 49, 1951, p. 244.

HÉMATOLOGIE. — *Disposition particulière du réticulum endoplasmique des érythroblastes. Étude au microscope électronique.* Note de M. **Marcel Bessis** et Mme **Janine Breton-Gorius**, transmise par M. Albert Policard.

Dans l'érythroblaste presque mûr, les sacs du réticulum endoplasmique font communiquer directement le pourtour nucléaire et la surface cellulaire. Ils présentent souvent une disposition radiaire.

L'étude de l'évolution du réticulum endoplasmique des érythroblastes au cours de leur maturation a été faite sur des coupes de moelle osseuse

humaine. De petits fragments de moelle ont été prélevés sur des côtes provenant d'interventions chirurgicales. Fixation au Palade et au Dalton, enrobage et coupes suivant les méthodes habituelles.

Dans le proérythroblaste le réticulum est bien développé et présente la disposition habituelle : la direction générale des sacs est plus ou moins parallèle au pourtour cellulaire. A mesure que progresse la maturation de la cellule, les sacs deviennent de moins en moins nombreux, jusqu'à disparaître dans l'érythrocyte mûr. Au stade de l'érythroblaste polychromatophile, ils affectent une disposition très particulière : ils ne sont plus parallèles au pourtour cellulaire, mais grossièrement perpendiculaires à celui-ci. Sur les coupes on en voit environ 5 à 15 par cellule, ayant une disposition radiaire, fréquemment on surprend leur terminaison sur le pourtour cytoplasmique, où ils s'ouvrent. Leur terminaison interne est plus délicate à interpréter. Il est certain qu'elle se fait au niveau de la membrane nucléaire, mais nous n'avons pas vu, jusqu'à présent, une véritable communication entre la lumière de ces sacs et celle de l'espace périnucléaire. Cependant une telle éventualité est très probable. Parfois le réticulum endoplasmique chemine pendant plusieurs microns au contact de la membrane nucléaire.

Quelque fois, les sacs ne présentent pas un trajet à peu près rectiligne, mais tout en conservant la même direction générale ils s'enroulent en tire-bouchon.

Ainsi se voit confirmée la communication entre extérieur de la cellule, réticulum endoplasmique et membrane nucléaire [*cf.* Policard et Bessis (1), (2)].

Cette disposition appelle en outre deux remarques :

1° Les érythroblastes polychromatophiles présentent des mouvements très caractéristiques (3) formés de rétractions brusques de plusieurs points de la surface cellulaire vers le noyau, ce qui donne des aspects en trèfle, ou des aspects multifolliés. Il semble logique de penser à un rapport entre la forme particulière de ces mouvements et la disposition du réticulum.

2° La microcinématographie a montré que l'expulsion nucléaire se faisait à l'occasion de ces mouvements (3). Le microscope électronique montre qu'il se produit alors une dilatation énorme de l'espace périnucléaire et d'un des sacs du réticulum qui s'ouvrant à l'extérieur permet au noyau de sortir de la cellule.

(1) M. Bessis et J. Breton-Gorius, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1235.

(2) A. Policard et M. Bessis, *Exptl. Cell. Research.*, 9, 1956 (sous presse).

(3) M. Bessis, *Traité de Cytologie sanguine*, 1 vol., Masson et Cie, Paris, 1954.

BIOLOGIE. — *Rôle des différents éléments du système nerveux central dans la variation chromatique des Phasmides.* Note de Mme **Marie Dupont-Raabe**, présentée par M. Louis Fage.

Des expériences d'ablation du cerveau et d'injection d'extraits de cet organe ont montré que la substance qui contrôle la variation chromatique nycthémérale des Phasmides est élaborée dans le cerveau [1]. Les résultats obtenus au cours de certaines expériences incitaient cependant à poursuivre les recherches et à envisager d'une part l'éventualité de l'existence d'organes neuro-hémaux intéressés dans la libération de la substance cérébrale, qui pourraient être en connection avec le cerveau mais distincts de celui-ci, d'autre part la possibilité d'une participation du système nerveux central, dans son ensemble, à la fonction chromatique.

1. *Modalités de libération de la substance chromactive cérébrale.* — Il a été observé qu'une simple section du collier péri-œsophagien à l'émergence du cerveau suffit à supprimer complètement la variation chromatique, bien que le cerveau demeure intact. Étant donné que cette opération comporte la section simultanée de la commissure tritocérébrale accolée au collier péri-œsophagien à son émergence du cerveau, et que des formations neuro-hémales associées à celle-ci (organes post-commissuraux) jouent, chez les Crustacés, un rôle important dans la mise en réserve et la libération des substances chromactives, il semblait intéressant de rechercher si ce n'était pas la rupture des connections entre cette dernière et le cerveau qui était en cause dans une telle intervention. Deux types d'expériences ont été effectuées : d'une part l'ablation de la commissure tritocérébrale, d'autre part la section distale du collier péri-œsophagien et l'ablation du ganglion sous-œsophagien.

L'ablation de la commissure tritocérébrale, en dépit du traumatisme important qu'elle représente, a laissé subsister une variation chromatique normale; elle ne joue donc pas chez les Insectes un rôle homologue à celui qu'elle exerce chez les Crustacés. Des injections d'extraits effectués à partir de la commissure tritocérébrale ont confirmé ce point de vue; les extraits se sont montrés dépourvus d'activité.

La section du collier péri-œsophagien, qui peut être réalisée électivement au niveau de la pénétration de celui-ci dans le ganglion sous-œsophagien, a un effet totalement différent; elle provoque, tout comme le fait une ablation du ganglion sous-œsophagien, une suppression complète du changement de coloration nycthéméral. Celui-ci nécessite donc pour sa réalisation la présence du cerveau comme celle du ganglion sous-œsophagien et l'existence

de connections intactes entre ces deux organes. Il est possible qu'il faille expliquer ce fait par une interdépendance nerveuse étroite existant entre le cerveau et le sous-œsophagien, mais il semble plus vraisemblable d'admettre que la substance chromactive élaborée dans la partie tritocérébrale du cerveau [2] chemine le long du collier péri-œsophagien et se trouve normalement libérée au niveau du ganglion sous-œsophagien. Certaines observations histologiques (présence de produits de sécrétion analogues aux produits de sécrétion tritocérébraux, dans le collier péri-œsophagien et dans la partie fibreuse antérieure du ganglion sous-œsophagien) et certains résultats expérimentaux (activité des extraits du collier péri-œsophagien, activité considérable des extraits du ganglion sous-œsophagien) fournissent un support à cette dernière hypothèse.

2. *Rôle de la chaîne nerveuse ventrale.* — La mise en évidence du rôle important exercé par le ganglion sous-œsophagien, et la présence de substance chromactive, constatée précédemment, dans les extraits des ganglions thoraciques, incitait à se demander si les différents éléments du système nerveux central n'interviendraient pas dans une certaine mesure dans la régulation de l'assombrissement crépusculaire en sécrétant de faibles quantités de substance chromactive.

Des ablations de connectifs et de ganglions ventraux ont été réalisées au niveau des différents segments (prothorax, mésothorax, métathorax et abdomen). Ces opérations n'ont jamais entraîné une suppression complète de la variation crépusculaire, mais provoqué des troubles certains dans la réaction de la partie postérieure du corps où l'assombrissement cesse de se manifester alors qu'il continue à se produire normalement dans la partie antérieure du corps. Ces anomalies sont très fréquentes mais n'apparaissent pas nécessairement dès le jour de l'intervention chez tous les animaux opérés; elles sont d'autant plus manifestes que le niveau de l'intervention est situé vers l'avant du corps (les interventions abdominales sont sans effet); il n'est cependant pas possible de constater une relation véritablement précise entre le lieu de l'intervention et celui de la dissociation entre la partie antérieure du corps continuant à réagir normalement et la partie postérieure.

Une comparaison précise de l'activité des extraits des différents éléments du système nerveux central pour des concentrations décroissantes permet de constater que la teneur de ceux-ci en substance chromactive va en diminuant de l'avant vers l'arrière du corps. La dose minimum nécessaire pour provoquer un assombrissement complet des animaux est de 1/100e pour le cerveau et le ganglion sous-œsophagien; de 1/20e pour les ganglions thoraciques; de 1/2 pour les ganglions abdominaux.

Le système nerveux central participe donc dans son ensemble à la régu-

lation chromatique mais l'importance du rôle exercé par ses différents éléments décroît de la partie antérieure vers la partie postérieure du corps. La substance chromactive est libérée essentiellement dans la région céphalique, probablement au niveau du ganglion sous-œsophagien, mais également, dans une mesure beaucoup plus faible, au niveau des différents ganglions ventraux, dispositif qui pourrait permettre au changement de couleur de se réaliser plus rapidement et de façon homogène sur l'ensemble du corps allongé de ces animaux.

Des éléments sécréteurs existent peut-être au niveau des différents ganglions mais il semble plutôt que le processus sécrétoire se situe dans la seule région tritocérébrale du cerveau, les autres portions du système nerveux central jouant uniquement un rôle de conduction et de libération. La présence de substance chromactive dans le collier péri-œsophagien et dans les connectifs de la chaîne nerveuse ventrale (³), ainsi que la diminution d'activité constatée parfois dans les ganglions thoraciques après une section antérieure des connectifs fournit un support à cette hypothèse qu'il est également nécessaire d'invoquer pour expliquer la suppression de la variation chromatique de la partie postérieure du corps entraînée par la pose d'une ligature.

Quelques remarques relatives au comportement ont été faites au cours de ces interventions. L'ablation du cerveau, de même que la section du collier péri-œsophagien, entraîne le maintien permanent de la phase d'activité nocturne et supprime la catalepsie diurne. L'ablation du ganglion sous-œsophagien, au contraire rend impossible toute coordination de la marche et laisse les animaux complètement inertes bien qu'ils demeurent capables de répondre aux excitations par des mouvements des pattes. L'interruption des connectifs de la chaîne ventrale a les mêmes répercussions sur la partie postérieure du corps; la partie antérieure demeure normale et continue de présenter l'alternance des phases d'activité et de catalepsie. Bien que les variations du comportement et de l'état chromatique dépendent l'une et l'autre du cerveau et du ganglion sous-œsophagien, les mécanismes qui les commandent ne peuvent être identiques puisqu'après certaines interventions on obtient une association de la phase nocturne du comportement à la phase chromatique diurne. Le contrôle du comportement semble être assuré tout au moins en partie par voie nervuese.

(¹) M. Dupont-Raabe, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 886; *Arch. Zool. exp. gén.*, 89, 1952, n° 3, p. 102-112; *Pubb. Staz. Zool. Napoli*, 24, 1953, p. 63-66.

(²) M. Dupont-Raabe, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 950.

(³) Les expériences témoins d'injection d'extraits de nerf fémoral, de nerf médian impair ne provoquent aucune réaction. Il ne s'agit donc pas d'un principe non-spécifique réparti dans l'ensemble du système nerveux.

BIOLOGIE. — *Modifications morphologiques expérimentales chez* Hypogastrura manubrialis *Tullberg* (*Collembole*). Note de M. **Paul Cassagnau**, transmise par M. Albert Vandel.

Parallèlement à l'étude d'*Hypogastrura Boldorii* Denis ([1]) nous avons suivi les transformations morphologiques d'une autre espèce d'*Hypogastrura*, *H. manubrialis* Tullberg soumise à des températures défavorables au développement (15 à 20°).

H. manubrialis est une espèce fréquente à Toulouse dans les débris végétaux en décomposition. Nous avons suivi une colonie de cette espèce de novembre 1955 à octobre 1956. Le maximum d'extension se situe en janvier-février, période froide favorable à la reproduction. La colonie ne tarde pas à disparaître dès le mois de mai; seuls quelques individus adultes persistent en été. La disparition de l'espèce est annoncée (10-15 avril) par la soudaine transformation des immatures en une forme aberrante que nous avions obtenue dès janvier 1956 en soumettant de nombreux individus à une température de 18-20°. Nous indiquerons ci-dessous la moyenne des minima et celle des maxima, semaine par semaine, du 1er février au 15 avril (station du Jardin Botanique de Toulouse). On verra que l'apparition des individus aberrants coïncide avec une élévation sensible des moyennes :

Semaine....	30/1-5/2.	6/2-12/2.	13/2-19/2.	20/2-26/2.	27/2-4/3.
Min........	−5	−9	−11,5	−6	+1
Max........	0	−2,6	− 1,3	+3,6	+8

Semaine....	5/3-11/3.	12/3-18/3.	19/3-25/3.	26/3-1/4.	2/4-8/4.	9/4-15/4.
Min........	+ 0,8	+ 0,7	+ 5,4	+ 8	+ 2,8	+ 7,3
Max........	+12,7	+10,8	+15,3	+16	+13,4	+17,7

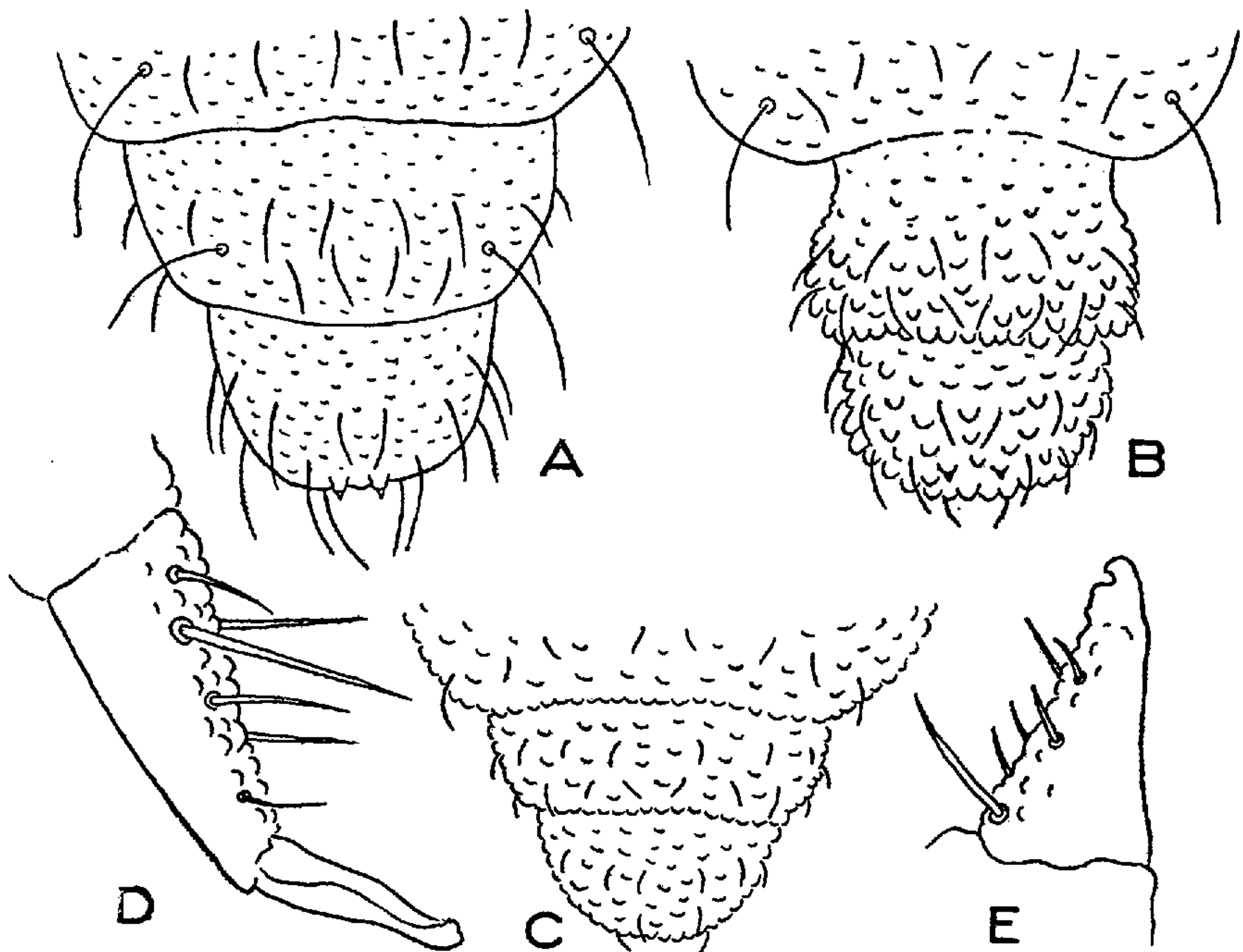
Comme chez *H. Boldorii*, nous avons observé dans nos élevages trois formes distinctes d'immatures.

1. Une forme A *normale*, réplique absolue de l'adulte (*fig.* A, D).

2. Une forme B ou *proxenyllodienne* issue de la précédente. C'est celle-ci qu'on trouve au printemps, lors de l'élévation de la température ambiante. Elle est caractérisée par l'étroitesse des deux derniers segments abdominaux qui sont pourvus d'un grain tégumentaire très fort, en papilles. Les épines anales très réduites se voient difficilement (*fig.* B).

3. Une forme C ou *brachystomellienne* terminale caractérisée par la réduction des pièces buccales, une brachystomie accentuée, l'aplatissement des cornéules, la réduction des soies et ergots, un grain tégumentaire fort mais homogène (*fig.* C), la disparition des épines anales, la réduction de la furca en deux mucrodentes plus ou moins trapus (*fig.* E).

Les formes B et C ici aussi semblent avoir une anatomie et une physiologie des plus aberrantes. Les processus de transformation sont identiques à ceux observés chez *Boldorii*.



A, B, C, derniers segments abdominaux des formes A, B, C; D, furca de la forme A; E, furca de la forme C.

Les similitudes étroites qui existent entre les réactions de cette espèce à une élévation de température et les réactions d'*H. Boldorii* et *purpurescens* nous incitent à résumer ci-dessous les principaux caractères des trois formes dans les trois espèces déjà étudiées. Indiquons d'autre part que de semblables phénomènes sont à l'étude chez *Hypogastrura armata* s. str. et *H. Bengtssoni* Agren.

Forme.	*H. purpurescens.*	*H. Boldorii.*	*H. manubrialis.*
A.....	Normal	Normal	Normal
B.....	Épines anales sur papilles cylindriques Pièces bucc. réduites	Grain tég. en pavés sur Abd. IV et V Pièces bucc. réduites	Grain tég. en papilles sur Abd. V et VI Pièces bucc. réduites
C.....	Épines anales en grappins Mucrodens aberrant Chétotaxie réduite Pièces bucc. dégénérées	Grain tég. très fort sur tout le corps Mucrodens aberrant Chétotaxie réduite Cornéules réduites Pièces bucc. dégénérées	Grain tég. fort sur tout le corps Mucrodens aberrant Chétotaxie réduite Cornéules dégénérées Pièces bucc. dégénérées

Chez *Hypogastrura purpurescens* Lubbock [orthographié à tort *purpurascens* depuis Tullberg par de nombreux auteurs et par nous-même dans notre précédente Note (²)] les formes B et C du tableau ci-dessus correspondent à ce que nous avions appelé précédemment forme B stade I, II et forme B stade III. Nous adoptons cette nouvelle terminologie par souci d'homogénéité.

(¹) P. Cassagnau, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1483.
(²) P. Cassagnau, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 603.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un nouveau type d'intersexualité chez l'Oniscoïde* Porcellio dilatatus, *révélé par l'élevage au laboratoire.* Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, transmise par M. Albert Vandel.

Chez cette espèce la plupart des ♀ offrent tous les intermédiaires entre une intersexualité spontanée externe voisine de l'état ♂ et l'état totalement neutre (♀) des appendices. Les cas intermédiaires — les plus nombreux — correspondent à des ♀ chez lesquelles seule une température élevée permet le développement de caractères sexuels secondaires mâles plus ou moins accentués.

L'élevage à température élevée (22°) de plusieurs populations de *Porcellio dilatatus* recueillies en 1953 à Poitiers, Corbeil, Roscoff, Quiberon, Ruffec, m'a permis d'observer les faits suivants :

Alors qu'aucune des ♀ génératrices ne présentait d'intersexualité, sur 129 femelles de la F_1 nées en décembre 1954, 110 (soit 85 %) étaient devenues intersexuées au 1ᵉʳ octobre 1956. Cette intersexualité s'est manifestée par le développement plus ou moins précoce des endopodites copulateurs mâles de la première paire de plépodes, d'ailleurs à peine esquissé chez certaines ♀ et souvent asymétrique. Parfois la deuxième paire d'endopodites s'est également différenciée dans le sens mâle. Enfin chez certaines ♀, la masculinisation s'est étendue à l'ensemble des plépodes qui ont pris la forme ♂ adulte et même aux premières paires de péréiopodes qui ont acquis un rudiment de brosse de soies au carpopodite et méropodite. Très rarement (deux cas) une apophyse génitale s'est développée.

Par contre la gonade est restée un ovaire normal et fonctionnel, les ♀ ayant mis bas des portées nombreuses.

Par comparaison avec 63 ♀, sœurs des précédentes (F_1) élevées ensemble dans un terrarium à 18°, et ne présentant à la même date que 11 % d'intersexuées, à degré d'expression faible, on peut penser que cette intersexualité est de nature phénotypique : elle doit correspondre à l'action des facteurs externes dont le principal est la température.

En fait des cas semblables d'intersexualité s'observent parfois dans les populations naturelles (Ile de Batz, Corbeil). Une population recueillie en 1956 aux environs de Chartres, vient de me révéler une fréquence particulièrement élevée des ♀ intersexuées (près de 50 % sur 48 ♀ récoltées). Un petit nombre de ces ♀ sont presque totalement ♂ quant aux caractères sexuels secondaires des plépodes et péréiopodes.

En 1955, 8 ♀ provenant de cette dernière station et déjà plus ou moins intersexuées, ont été élevées à 22°. Sept sont rapidement devenues d'apparence externe presque entièrement mâle, péréiopodes compris, l'une d'elles de façon asymétrique (une seule brosse de soies ♂ sur le carpodite du deuxième péréiopode gauche). La plupart de leurs filles, nées en 1955, ont présenté huit mois plus tard une masculinisation externe qui est devenue complète malgré un fonctionnement femelle presque normal. Cette différenciation mâle des caractères sexuels secondaires s'effectue plus tardivement que chez un jeune ♂; elle peut cependant débuter avant la puberté femelle. Enfin elle ne s'opère pas dans l'ordre normal de différenciation des appendices chez un ♂ jeune, comme c'est au contraire toujours le cas par implantation testiculaire chez une ♀.

Ces faits conduisent à penser à l'absence d'hormone mâle circulante, qui interdirait par ailleurs une ovogénèse normale. En effet l'implantation de fragments testiculaires chez ces ♀ intersexuées accélère la différenciation mâle et inhibe l'ovogénèse. Malgré cette forte tendance à l'intersexualité manifestée par la population des environs de Chartres, un petit nombre de leurs filles, variable avec la ♀ génétrice, s'est montré réfractaire au développement d'une structure intersexuée, résultat comparable à celui de la F_1 des ♀ de 1953.

Il est également à noter que les ♀ sont d'autant plus réfractaires au développement d'une structure intersexuée qu'elles sont plus âgées. Ceci apparaît nettement par expérience de régénération des appendices masculinisés : la régénération sous la forme mâle est très lente chez les ♀ adultes, sans pouvoir rétablir le degré de différenciation primitif. Chez les très vieilles ♀ les appendices régénèrent et demeurent sous la forme ♀, alors que l'ovogénèse continue encore normalement.

Enfin, parmi les premiers résultats offerts par l'étude de la F_1 des ♀ de 1953, il est à noter que l'intersexualité des ♀ petites filles s'est manifestée plus tardivement que pour les ♀ de la F_1. Par ailleurs, certaines ♀ de la F_1 réfractaires à l'intersexualité ont engendré des filles qui sont devenues intersexuées.

Ces résultats, joints à ceux qui concernent la F_1 des ♀ de Chartres, conduisent à admettre que la tendance à l'intersexualité est héréditaire; et il ne semble pas s'agir d'une hérédité de type cytoplasmique.

Ainsi l'effet de la température sur les populations de *Porcellio dilatatus*

consiste simplement à intensifier et à accélérer un processus — le développement de caractères mâles externes — qui préexiste chez certains individus. Cependant chez la plupart des ♀ appartenant à des populations très diverses, ce processus n'a aucune chance de se manifester à la température ordinaire.

Enfin chez une faible fraction des ♀ de toute population, même l'élévation de la température d'élevage se montre incapable de faire apparaître un aspect intersexué. On peut donc considérer que chez les ♀ fonctionnelles de l'espèce *Porcellio dilatatus* tous les intermédiaires existent entre une tendance spontanée à l'intersexualité et l'absence de cette tendance, en passant par toute une gamme d'individus chez lesquels une température élevée peut seule révéler une disposition également héréditaire à acquérir un phénotype intersexué; l'élévation de température agit alors comme elle le fait pour une réaction extrêmement lente ou nulle à basse température.

BIOLOGIE MARINE. — *Répartition de deux tardigrades* Batillipes mirus *Richters et* Stygarctus bradipus *Schulz dans un segment de plage du bassin d'Arcachon.* Note de Mme **Jeanne Renaud-Debyser**, présentée par M. Louis Fage.

Les recherches ont porté sur un segment de plage du bassin d'Arcachon situé dans la zone de balancement des marées et s'étendant du haut en bas de la plage. Les prélèvements y ont été effectués à marée basse aux quatre niveaux suivants : A, niveau moyen des marées hautes de vives eaux; B, niveau moyen des marées hautes de mortes eaux; C, niveau moyen de mi-marée, et D, niveau situé à 10 m de distance en avant du niveau moyen des basses mers. Chaque carotte de sable de 5 cm de diamètre, prélevée sur 70 cm de profondeur à partir de la surface, a été découpée en tronçons de 10 cm et dans chaque tronçon ont été prélevés 75 cm³ de sable dans lesquels ont été dénombrés les individus appartenant aux deux espèces ci-dessus. *Stygarctus bradipus* s'est montré l'espèce la plus abondante et la plus répandue en toutes les stations; *Batillipes mirus*, beaucoup plus rare, a été trouvé plutôt en surface et le plus souvent aux niveaux les plus bas C et D.

Les résultats suivants ont été obtenus en automne et hiver 1955, printemps et été 1956. Les courbes de la figure 1 représentent les variations du nombre total de *Stygarctus bradipus* recensé pour chaque carotte au cours d'une année. Pour les trois niveaux A, B, C, les courbes présentent deux maximums importants se situant l'un au printemps, l'autre en hiver; la courbe D ne présente un maximum qu'au printemps. *Batillipes mirus*, beaucoup plus rare, présente cependant un maximum en mai. On notera

un minimum proche de o en mars, à la suite de températures exceptionnellement basses. La situation de ces deux maximums de pullulation au printemps et éventuellement en hiver correspond à ce que l'on connaît pour beaucoup d'espèces planctoniques.

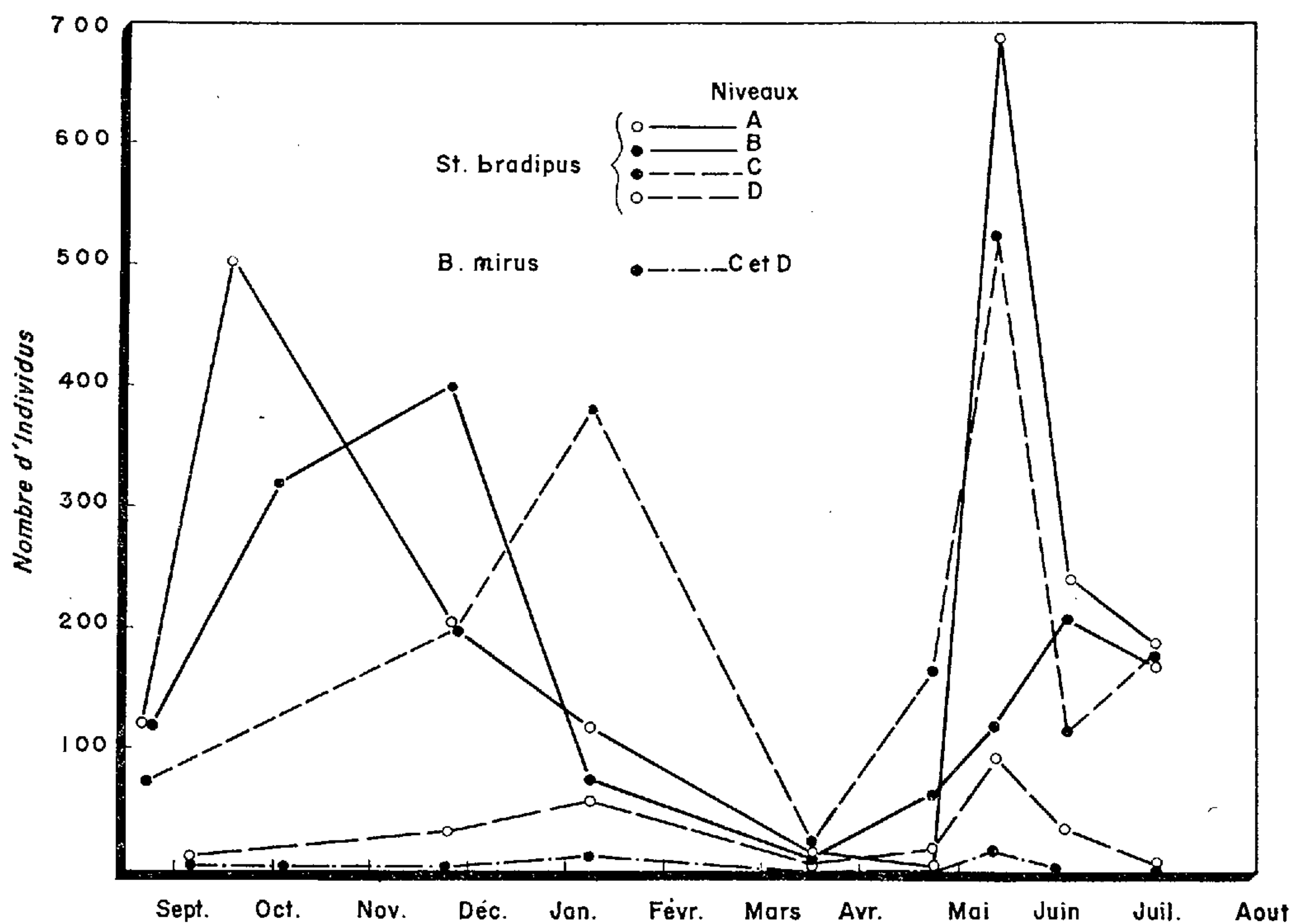


Fig. 1.

Il est apparu qu'à chaque niveau la population présentait une densité maximum, située à une profondeur variable selon les cas, de part et d'autre de laquelle elle diminuait plus ou moins rapidement et régulièrement. Il est intéressant de comparer la localisation de ces points de densité maximum d'un niveau à l'autre et pour les différentes saisons (*fig.* 2). On constate pour *Stygarctus bradipus* une remontée très nette de la population de mars à août, à presque tous les niveaux; *Batillipes mirus* au contraire, aux niveaux inférieurs, les seuls où il est fréquent, reste constamment très près de la surface entre o et 20 cm de profondeur.

Les données apportées ici sur *Stygarctus bradipus* mettent en évidence des variations saisonnières de densité de la population, et des migrations verticales de celle-ci, le mot « migration » n'indiquant ici que le phénomène statistique, et ne préjugeant pas de ses causes : déplacement réel des individus, vitesse de reproduction aux divers niveaux, etc. De toutes façons, il est clair que les facteurs écologiques (salinité de l'eau interstitielle,

température, caractéristiques granulométriques du sable) jouent un grand rôle dans le déterminisme de ces « migrations ». La comparaison avec le

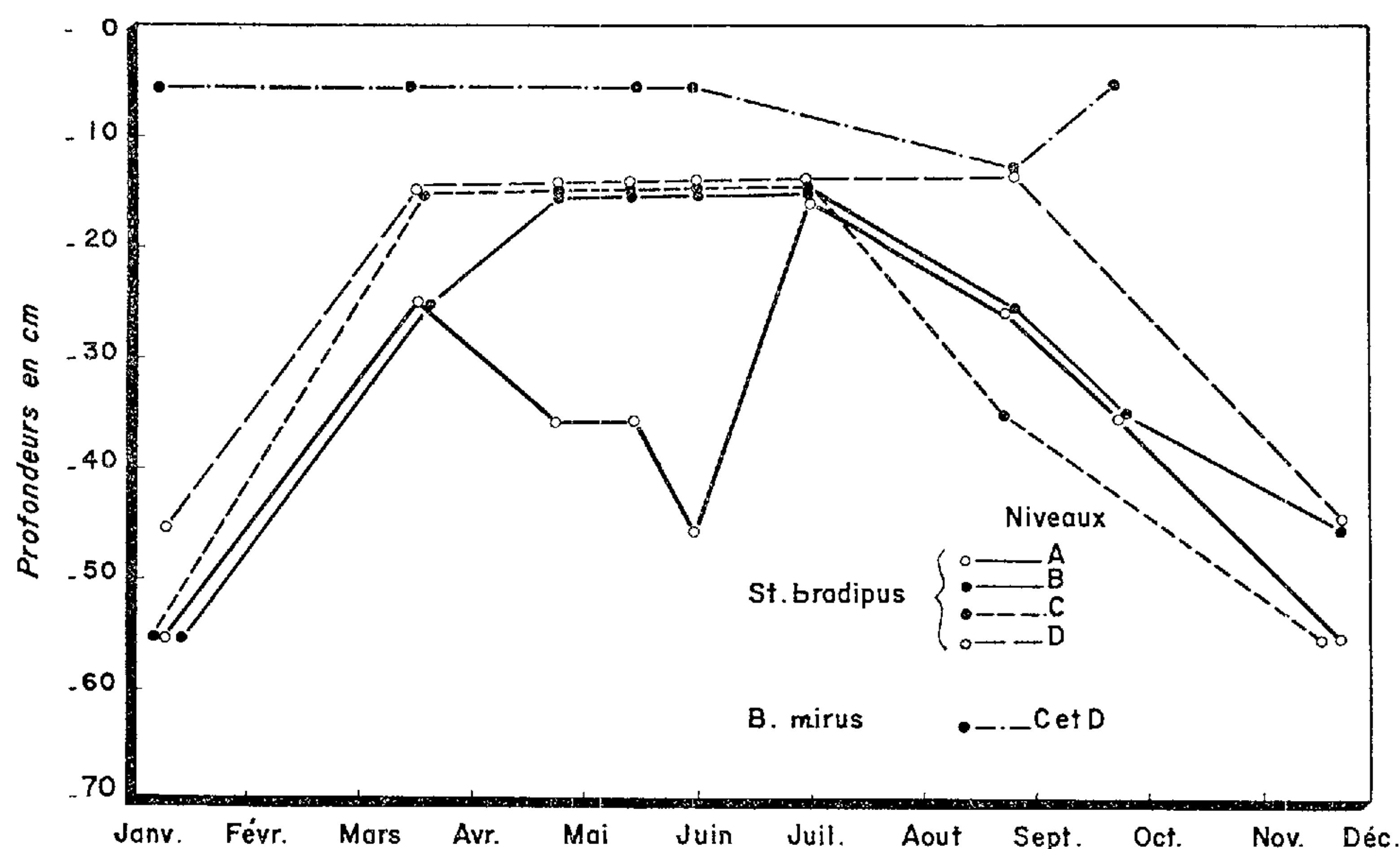


Fig. 2.

cas de *Batillipes mirus* montre, en outre, que ces variations peuvent différer beaucoup, même pour des animaux appartenant à un même groupe zoologique et faisant partie d'un même biotope.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des ions mercuriques sur l'activité décarboxylante de la cystéine et de l'homocystéine.* Note de MM. **Yves Guitton** et **André Touze**, présentée par M. Raoul Combes.

A de faibles concentrations, les ions mercuriques se comportent comme des activateurs puissants du processus de décarboxylation de l'acide mésoxalique catalysé par la cystéine ou par l'homocystéine.

Mettant à profit la propriété que possèdent les métaux lourds de bloquer les radicaux sulfhydrylés, G. Brunel-Capelle (1) a montré que l'activité décarboxylante, vis-à-vis de l'acide mésoxalique, des thiols protéines et du glutathion était partiellement inhibée par certains cations : Cu^{++}, Mn^{++} et pratiquement totalement par l'ion Hg^{++}. Dans cette Note, nous nous proposons d'étudier, en présence des ions Hg^{++}, le comportement de la cystéine et de l'homocystéine.

La décarboxylation a été appréciée, à 38°, par la mesure manométrique de l'anhydride carbonique dégagé à l'appareil de Warburg et en atmosphère

d'azote. Les essais ont été réalisés aux pH optima d'action (2,5 pour la cystéine, 3,9 pour l'homocystéine); la concentration en acide mésoxalique était de M/7,5 et celle en catalyseur de M/200. La mesure de la vitesse de décarboxylation, définie par la quantité d'anhydride carbonique dégagée en 30 mn et exprimée en millimolécules par litre, a donné les résultats figurant dans le tableau ci-après :

Chlorure mercurique.	Vitesse de décarboxyl- (cystéine).	Activation (+) ou inhibition (—) (%).	Vitesse de décarboxyl- (homocystéine).	Activation (+) ou inhibition (—) (%).
0	1,12	–	2,40	–
M/12 000	1,12	0	2,68	+ 11
M/ 8 000	1,20	+ 7,1	3,25	+ 35
M/ 4 000	1,37	+22	4,40	+ 83
M/ 2 000	1,86	+66	5,46	+127
M/ 1 500	1,96	+75	5,93	+147
M/ 1 200	2,02	+80	5,57	+132
M/ 1 000	1,92	+71	4,73	+ 97
M/ 750	1,43	+27	–	–
M/ 600	1,18	+ 5,3	1,23	+ 49
M/ 400	0,23	—79	0,18	— 92

A la concentration M/400 en chlorure mercurique, qui permet le blocage théorique des groupes thiols présents dans le milieu initial, l'inhibition n'est pas totale : elle est de 92 % dans le cas de l'homocystéine et de 79 % seulement pour la cystéine. Cela laisse supposer qu'une partie des ions Hg^{++} pourrait être fixée sur le groupement amino.

Pour les concentrations en chlorure mercurique comprises entre M/2 000 et M/1000, on observe une exaltation très importante de la décarboxylation, alors qu'on était en droit de s'attendre à une inhibition partielle. Le phénomène est d'ailleurs nettement plus marqué pour l'homocystéine.

Si l'on double la teneur en catalyseur, l'optimum se déplace et se situe pour la cystéine par exemple, entre les concentrations M/1000 et M/400 en chlorure mercurique, montrant ainsi que l'activation maximum ne peut être obtenue que s'il existe un rapport défini entre les teneurs respectives en ions Hg^{++} et en groupes SH.

Il y a, dans le phénomène considéré, un comportement inattendu des ions mercuriques; mais on peut penser que ces ions, malgré leur caractère fortement thioprive, sont capables, aux faibles concentrations, de se fixer sur le radical amino. L'effet inductif de ce radical sur le groupe thiol serait alors supprimé et il en résulterait une augmentation des possibilités décarboxylantes de la fonction sulfhydrylée.

Il convient, enfin, de faire un rapprochement entre ce fait expérimenta nouveau et certaines remarques d'ordre biologique.

K. V. Thimann [2] a signalé que des composés organiques du mercure, pris à de très faibles concentrations, peuvent provoquer une exaltation de la croissance au lieu d'une inhibition. On peut, dès lors, se demander si les ions mercuriques, aux doses retenues, n'interviendraient pas simplement en modifiant la structure intramoléculaire d'un système où les groupes thiols joueraient un rôle important.

[1] *Thèse Doct. Sciences nat.*, Paris, 1955.
[2] *L'origine et les fonctions des auxines*, C. D. U., Paris, 1956.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la production de l'hémolysine α et de la gélatinolysine par des staphylocoques conservés en présence de pénicilline et de streptomycine.* Note de MM. **Raoul Kourilsky, Rémy Richou** et **Claude Chirol**, présentée par M. Gaston Ramon.

Si le comportement des staphylocoques à l'égard de la pénicilline et de la streptomycine a été parfaitement étudié, en ce qui concerne leur multiplication, leur résistance, etc., il semble bien qu'on ait négligé d'examiner l'influence que pourraient exercer ces deux antibiotiques sur le pouvoir toxigène des staphylocoques.

Nous avons poursuivi des recherches sur cette question et les résultats obtenus font l'objet de notre communication.

Deux souches de staphylocoques d'origine humaine, la souche Bouley et la souche Wood, ont été ensemencées dans des tubes contenant 4 cm^3 de bouillon et additionnés de quantités plus ou moins importantes de pénicilline ou de streptomycine. Après des temps de contact variant de 15 à 90 jours, les staphylocoques étaient réensemencés dans le milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval de G. Ramon et cultivés en atmosphère d'air et de CO_2. Après sept jours à l'étuve à 37°, les cultures étaient filtrées sur bougies Chamberland L_2 ou L_3 et le titrage de l'hémolysine α et de la gélatinolysine effectué dans les filtrats ainsi obtenus et dans des filtrats témoins.

Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, quelques-uns des résultats enregistrés.

Compte tenu des différences considérables, sur lesquelles nous avons maintes fois insisté avec G. Ramon et que l'on enregistre habituellement dans la production de la toxine staphylococcique, d'un ballon de culture à l'autre, même lorsque toutes les conditions de culture sont identiques, il résulte de l'ensemble de nos expériences que *ni la pénicilline, ni la streptomycine ne se montrent capables de détruire les propriétés toxigènes et gélatinolytiques des staphylocoques.* Nombre de toxines staphylococciques, obtenues dans les conditions indiquées, possèdent d'ailleurs une valeur antigène

telle qu'elles pourraient être utilisées pour la préparation de l'anatoxine staphylococcique destinée à la thérapeutique des staphylococcies humaines ou animales.

Souche.	Temps de contact.	Mélanges réensemencés.	Hémolysine α. Dose test hémolytique.	Hémolysine α. Dose minima hémolytique.	Gélatinolysine (unités).
Bouley......	15 jours	4 cm³ bouillon + 10 000 U pénicilline	+0,10 —0,12	+1/2000 —1/1000	+10 —30
		4 cm³ bouillon + 5 000 U pénicilline	+0,07 —0,10	+1/2000 —1/1000	+50 —30
		4 cm³ bouillon — 2 000 U pénicilline	+0,05 —0,07	+1/3000 —1/2000	+10 —30
		4 cm³ bouillon (témoin)	+0,12 —0,15	+1/2000 —1/1000	+10 —30
Bouley......	90 jours	4 cm³ bouillon + 1/10 mg streptomycine	+0,10 —0,15	+1/800 —1/500	+30 —50
		4 cm³ bouillon + 1/100 mg streptomycine	+0,07 —0,10	+1/2000 —1/1500	+10 —30
		4 cm³ bouillon (témoin)	+0,05 —0,07	+1/2000 —1/1500	+10 —30
Wood.......	90 jours	4 cm³ bouillon + 1/10 mg streptomycine	+0,20 —0,25	+1/500 —1/300	+ 1 —3
		4 cm³ bouillon +1/100 mg streptomycine	+0,15 —0,20	+1/1000 —1/800	1
		4 cm³ bouillon (témoin)	+0,20 —0,25	+1/800 —1/500	—1

Bien plus, mêmes les staphylocoques qui n'avaient pu se multiplier dans les mélanges de bouillon et d'antibiotiques, en raison du pouvoir bactériostatique de la pénicilline ou de la streptomycine, font, preuve lorsqu'ils sont réensemencés et cultivés en atmosphère d'air et de CO_2, d'un pouvoir toxigène et d'un pouvoir gélatinolytique parfois aussi élevés que ceux des staphylocoques témoins.

Ces résultats nous apparaissent intéressants du point de vue pratique. On sait, en effet, que certains sujets atteints de staphylococcie, et traités soit par la pénicilline, soit par la streptomycine, récidivent plus ou moins longtemps après la cessation du traitement. Ce fait s'explique puisque le staphylocoque, dont la multiplication est provisoirement inhibée par la pénicilline ou la streptomycine, n'a rien perdu de son pouvoir toxigène au contact de ces antibiotiques dans l'organisme du malade et qu'il demeure capable d'élaborer sa toxine dont on connaît l'importance dans la pathogénie des staphylococcies.

Des expériences récentes ont montré d'ailleurs que les staphylocoques sont parfaitement capables, en présence de substances d'origine tissulaire, d'élaborer les hémolysines α et β et la gélatinolysine [1] et que, mis pendant des temps variables au contact des mêmes substances tissulaires (leuco-

cytes, collagène, plasmas oxalatés, etc.), ils conservent intégralement leurs propriétés toxigènes et gélatinolytiques (²).

Ainsi, ni la pénicilline, ni la streptomycine, ni les substances d'origine tissulaire ne détruisent, in vitro, *le pouvoir toxigène et le pouvoir gélatinolytique du staphylocoque.*

(¹) R. Kourilsky, R. Richou et Mme R. Richou, *Revue d'Immunologie*, 19, 1955, p. 392.

(²) R. Kourilsky, R. Richou et Cl. Chirol, *Revue d'Immunologie*, 20, 1955 (sous presse).

La séance est levée à 15 h 50 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 20 février 1956.)

Note présentée le 6 février 1956, de M. *Marcel de Botton*, Sur la séparation des acides camphane carboniques cis et trans par action des amines terpéniques :

Page 1030, 4e ligne en remontant, *au lieu de* $-14°,8$, *lire* $+14°,8$.

(*Comptes rendus* du 17 septembre 1956.)

Note présentée le 10 septembre 1956, de MM. *Maxence Meyer* et *Claude Shimodaira*, Influence de l'humidification de l'éther sur le démarrage de la réaction de Grignard. Action de l'éther humide sur les organo-magnésiens :

Page 847, 8e ligne, *au lieu de* 1 l d'éther, *lire* 250 cm^3 d'éther.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1956.

(*suite*).

Les lagunes méditerranéennes et leur exploitation, par Umberto d'Ancona. Extrait de *Débats et documents techniques*, n° 3. Rome, FAO, 1955; 1 fasc. 27 cm.

Pesca e piscicoltura nelle Lagune Salmastre, par Umberto d'Ancona. Estratto dal *Bollettino di Pesca*, n° 1, 1955. Roma; 1 fasc. 24,5 cm.

The stability of lake planktonic communities, par Umberto d'Ancona, in *Proceedings of the International Association of theoretical and applied Limnology*. Vol. XII, 1955, 1 fasc. 24,5 cm.

Azione femminizzante di nova di Teleostei, par Umberto d'Ancona, Armando Sabbadin, Gabriella Burlini. Estratto *Rendiconti dell' Accademia Nazionale dei Lincei*, serie VIII. Vol. XVIII, fasc. 3, 1955. Roma; 1 fasc. 26 cm.

Considerazioni critiche sul sistema di classificazione zoologica, par Umberto d'Ancona, Estratto dal *Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale e Agraria « Filippo Silvestri », Portici*. Vol. XXXIII, 1955. Napoli; 1 fasc. 26,5 cm.

Osservazioni sulle gonadi giovanili di Amia calva, par Umberto d'Ancona. Estratto *Archivio Italiano di Anatomia e di Embriologia*. Vol. LX, fasc. 2. Firenze, Sansoni Edizioni Scientifiche, 1955; 1 fasc. 24,5 cm.

La pesca problema oceanografico e Biologico, par Umberto d'Ancona. Estratto dagli *Atti dell' Istituto Veneto di scienze, Lettere ed Arti*. T. CXIII. Venezia, 1955; 1 fasc. 24 cm

Équilibres biologiques et dynamiques des populations, par Umberto d'Ancona. Estratto *Scientia Medica Italica*. Vol. IV, n° 1. Roma, 1955; 1 fasc. 24,5 cm.

Biologie marine, Océanographie biologique et Biologie de la pêche, par Umberto d'Ancona. Extrait de *Scientia*, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Zoologia biologica e Zoologia naturalistica, par Umberto d'Ancona. Estratto dal *Bollettino di Zoologia, publicato dall' Unione Zoologica Italiana*. Vol. XXII, fasc. 2. Torino, Rosenberg et Sellier, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Crociera Talassografica Adriatica Agosto-settembre 1955, par Umberto d'Ancona. Estratto da *La Ricerca Scientifica*. Anno 26, n° 1. Roma, 1955; 1 fasc. 24 cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **RAOUL COMBES** signale la présence de M. **FRITS WENT**, Correspondant de l'Académie, Directeur de l' « Earhart Research Laboratory » de Pasadena, et M. **ROGER HEIM** celle de M. **PIERRE MARTENS**, Correspondant de l'Académie, Professeur à l'Université de Louvain. M. le Président leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

HYDRAULIQUE. — *Influence de la durée de fermeture dans les chambres d'équilibre déversantes à étranglement.* Note (*) de M. **LÉOPOLD ESCANDE**.

Les manœuvres d'une certaine durée engendrent un volume déversé nettement supérieur à celui que provoquent les fermetures instantanées.

Soient p_0 et r_0 les pertes de charge dans le canal d'amenée et dans l'étranglement pour le débit maximum et soit a la hauteur du seuil au-dessus du niveau statique, en grandeurs relatives, l'étranglement optimum est défini, comme nous l'avons montré [1], par la condition

$$r_0 = p_0 + a.$$

Dans un travail antérieur [2] concernant les chambres d'équilibre à étranglement non déversantes, nous avons montré que les manœuvres de fermeture d'une certaine durée provoquent une montée du plan d'eau supérieure à celle qu'engendre une fermeture instantanée. Nous avons pensé que, dans le cas d'une cheminée déversante à étranglement optimum, la durée de fermeture doit avoir une influence analogue, en majorant le volume déversé vis-à-vis de celui qui correspond à une fermeture instantanée.

Nous résumons, dans la présente Note, les vérifications que nous avons faites, dans le cas d'une perte de charge $p_0 = 0,6$, correspondant à un ordre de grandeur souvent rencontré en pratique.

Au moyen de l'abaque de MM. Calame et Gaden concernant les fermetures instantanées, on met facilement en évidence, par approximations successives, la valeur supérieure o, 355 de a au-dessus de laquelle aucun déversement ne se produirait, à la suite d'une fermeture instantanée du débit maximum.

Nous avons calculé, en fonction de θ, le volume total déversé $\omega_{d\theta}$ à la suite d'une fermeture linéaire, de durée relative θ, pour diverses valeurs de a inférieures à o,355.

De façon plus précise, le calcul a porté sur les valeurs suivantes de θ et de a :

θ............	o	o,o5	o,1	o,2	o,3	o,4	o,5
a............	o,1	o,2	o,3	o,325	–	–	–

Le calcul a été fait, par une méthode calquée sur celles de MM. Schoklitsch, Schiffmann, Bouvard et Molbert, jusqu'à l'instant relatif t'_1 confondu avec celui où le plan d'eau atteint la cote du seuil, dans le cas où cet instant est postérieur à θ, et égal à θ, dans le cas contraire : Q_1 étant la valeur du débit déversant à l'instant t'_1, le volume Ω déversé postérieurement à cet instant est calculé au moyen de la formule que nous avons établie ([3]) :

$$\omega = \frac{1}{2(p_0 + r_0)} \operatorname{Log}\left[1 + \frac{p_0 + r_0}{a} q_1^2\right],$$

avec

$$q_1 = \frac{Q_1}{Q_0} \qquad \text{et} \qquad \omega = \frac{\Omega}{FZ_*}.$$

Les résultats obtenus sont représentés sur les courbes de la figure 1 qui donnent, pour les divers a considérés et en fonction de θ, le pourcentage de majoration du volume déversé :

$$\eta = \frac{\omega_{d\theta} - \omega_{d_0}}{\omega_{d_0}}$$

par rapport à la valeur ω_{d_0} correspondant à la fermeture instantanée.

Comme on le voit, le pourcentage de majoration augmente tout d'abord avec θ, passe ensuite par un maximum, puis décroît. Notable pour toutes les valeurs de a, l'augmentation du volume déversé croît rapidement avec la hauteur a du seuil : ce dernier résultat s'explique aisément puisque, pour $a = 0,355$, valeur limite que nous avons déjà signalée, on a $\omega_{d_0} = 0$, alors que la majoration de montée du plan d'eau dans la cheminée à étranglement, due à la fermeture linéaire, assure une valeur non nulle à $\omega_{d\theta}$ et, par suite, une valeur infinie à η. En particulier, on voit que les valeurs maxima de η sont sensiblement les suivantes, en fonction de a :

a.	η_{max}.
o,2.......	21 %
o,3.......	6o,5
o,325.....	129,5

Il est d'ailleurs intéressant de mettre en évidence les valeurs z_m de la montée

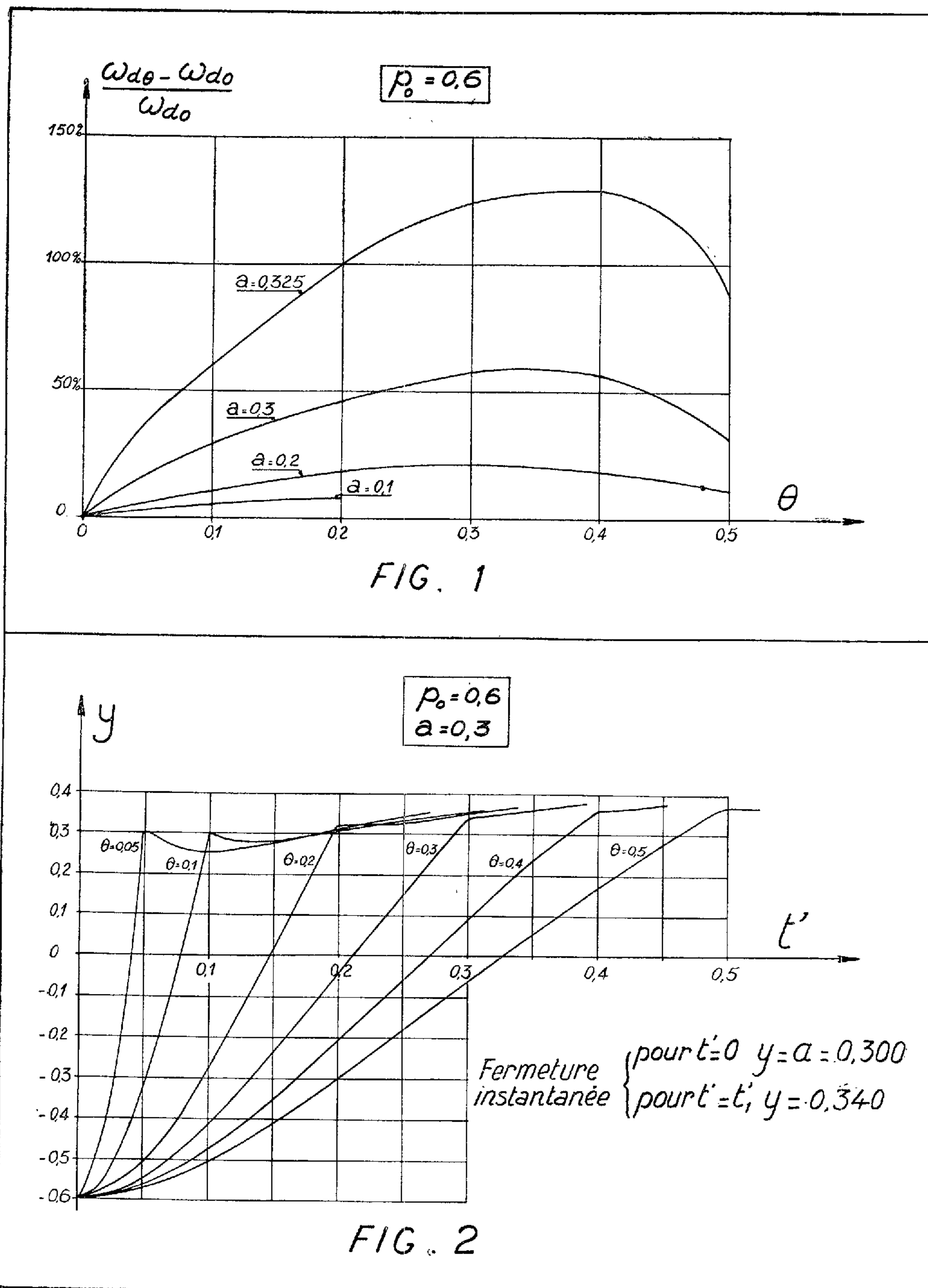


FIG. 1

FIG. 2

maximum correspondant à une fermeture instantanée, dans le cas d'une chambre non déversante, pour les valeurs étudiées de a et de $r_0 = p_0 + a$,

avec $p_0 = 0,6$:

$$a = 0,2, \quad r_0 = 0,8, \quad z_m = 0,386;$$
$$a = 0,3, \quad r_0 = 0,9, \quad z_m = 0,366;$$
$$a = 0,325, \quad r_0 \equiv 0,925, \quad z_m = 0,361.$$

L'accroissement du volume déversé, par suite de l'augmentation de la durée de fermeture, s'explique par le fait que la contre-pression maximum y_m n'est atteinte que plus tard à l'extrémité du canal d'amenée. Ce résultat est nettement visible, en particulier, sur les courbes de la figure 2 qui donnent, dans le cas de $a = 0,30$, pour les divers θ étudiés, la contre-pression y en fonction du temps t' : pour une fermeture instantanée, la surpression passerait de 0,30, à l'instant 0, à la valeur 0,340, à l'instant t'_1.

Conclusions. — Les résultats obtenus, dans le cas de $p_0 = 0,6$ mettent en évidence les conclusions générales suivantes :

1° L'influence de la durée de fermeture se traduit par une majoration notable du volume déversé, vis-à-vis de celui qui correspond à une fermeture instantanée;

2° Cette influence croît rapidement avec la hauteur du seuil du déversoir et devient très importante au voisinage de la valeur limite.

Ces conclusions présentent une importance particulière pour le calcul des ouvrages qui ne considère bien souvent que les valeurs instantanées : cela correspond, d'après nos résultats, à une erreur contre la sécurité, qui peut comporter des conséquences dangereuses.

(*) Séance du 22 octobre 1956.
(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1593.
(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1932.
(3) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 338.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Adoxacées. Développement de l'embryon chez l'*Adoxa Moschatellina *L.* Note (*) de M. **René Souèges**.

L'*Adoxa* offre les caractères d'un type embryonomique irrégulier, avec formes séparables en deux séries qui se rapportent l'une à une tétrade en B_1, l'autre à une tétrade en B_2. Il se range dans la famille embryogénique du *Geum urbanum*, présentant des affinités avec certaines Rosacées, mais plus particulièrement avec les Caprifoliacées.

On a constitué, pour le seul *Adoxa Moschatellina* L., la famille particulière des Adoxacées. Ce fait, rare dans la classification, témoigne du grand embarras qu'ont éprouvé les systématiciens à déterminer les affinités véritables de cette plante, apparentée tantôt aux Araliacées, tantôt aux Renonculacées ou aux Saxifragacées, finalement aux Caprifoliacées (1). Il est vrai que, dans les

discussions qui ont eu lieu à cet égard, l'embryogénie, dont les données étaient à peu près inconnues, n'a pu intervenir. Ces données cependant, et tout particulièrement les lois qui les résument, doivent primordialement être considérées si l'on veut résoudre cette question de phylogénie de manière rationnelle et satisfaisante.

Les lois embryogéniques, chez la Moschatelline, ont présenté des variations telles que l'embryon de cette espèce a dû être rangé dans la catégorie de ces types irréguliers offrant des formes incontestablement construites selon des règles réelles, mais des règles variables avec les individus ([2]),

La tétrade proembryonnaire est en B_1 ou en B_2, c'est-à-dire comportant, à la partie supérieure, deux cellules, *a* et *b*, séparées par une cloison oblique, et inférieurement, deux éléments, *m* et *ci*, séparés par une cloison à direction verticale dans le premier cas (*fig.* 4 et 7), horizontale dans le second (*fig.* 6). Ces deux dernières directions, opposées, amènent, dans la construction des formes ultérieures, des divergences si marquées qu'il est parfois fort difficile de se rendre compte des processus exacts suivis par la segmentation.

Dans la cellule apicale, *ca*, ces processus sont semblables dans les deux cas et peuvent être aisément définis : les deux éléments *a* et *b*, engendrent quatre quadrants en tétraèdre (*fig.* 8 à 12), dont l'un, au sommet, s'individualise comme cellule épiphysaire, *e*, tandis que les trois autres sont à l'origine de la partie cotylée *sensu stricto* (*fig.* 13 à 18, 27 et suiv.).

Dans la cellule basale, *cb*, la direction de la première cloison commande deux séries de formes. Celles qui dérivent de la tétrade en B_2 se sont montrées les plus nombreuses et les plus faciles à interpréter. Les figures 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, puis 14 à 18, 27 à 30 en donnent une succession assez continue. L'élément *m* de la tétrade produit deux cellules juxtaposées (*fig.* 7 à 11), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 12, 15, 16), ensuite une véritable assise cellulaire (*fig.* 14, 17) qui se dédouble par divisions transversales (*fig.* 18, 27, 30, 33) et finalement donne naissance à la partie hypocotylée (*fig.* 34 à 38). — L'élément *ci* (*fig.* 4) se cloisonne parfois obliquement ou longitudinalement (*fig.* 9, 10), mais, en règle générale, transversalement en deux éléments superposés, *n* et *n'* (*fig.* 11, 12). A ce stade, le proembryon est normalement octocellulaire (*fig.* 11). — Plus tard, *n* se sépare en deux éléments juxtaposés (*fig.* 14, 15, 16, 17, 27), parfois superposés (*fig.* 28, 29) et produit finalement un massif hypophysaire (*fig.* 30, 33 et suiv.); *n'*, à son tour, se divise de même, soit longitudinalement (*fig.* 14, 15, 16, 27, 33), soit transversalement (*fig.* 17, 28, 29, 30) engendrant, dans ce dernier cas, deux cellules superposées, *o* et *p*, qui contribuent à la construction d'un suspenseur *sensu stricto* (*fig.* 35, 36, 38, 39, 43).

Dérivent d'une tétrade en B_1, de toute évidence le proembryon de la figure 13, très probablement ceux des figures 19, 21, 22, 31 et 32, et sans doute d'autres dont le mode de construction, aux stades plus âgés, ne peut être distingué du mode de construction des formes de l'autre série dérivée de B_2. — En 13, *m* et *ci* de la tétrade (*fig.* 6) se sont divisés transversalement; en 19, *m* a produit trois éléments visibles à droite de la figure, succédant à deux cellules superposées telles qu'elles se présentent en 13, tandis que *n* et *n'*, comme on peut le voir à gauche, ont engendré chacun deux cellules séparées par une paroi horizontale. — En 21 et 22, *m* a donné les quatre éléments de droite (deux en 21 et deux en 22), *n* trois ou quatre éléments à gauche et *n'* trois à cinq éléments en deux étages *o* et *p*; en 31 et en 32, les traces de la première cloison formée dans la cellule *cb* du proembryon bicellulaire sont encore apparentes; elles indiquent distinctement la part que prennent les blastomères *m*, *n* et *n'* à la construction de l'embryon, lorsque cette cloison est plus ou moins oblique.

Aux stades ultérieurs, la distinction des deux séries de formes devient incertaine. En tout cas, trois régions se séparent, généralement, au-dessous de la partie cotylée, correspondant, l'une à la partie hypocotylée (*phy*), l'autre à un massif hypophysaire (*h*), la troisième à un suspenseur *s. stricto*. Dans la série des formes procédant de la tétrade en B_1 on peut dire que, le plus communément, la partie hypocotylée *phy*, est produite par $m + n$ (*fig.* 13, 19, 21, 32), le massif hypophysaire *h* par *o*, fille supérieure de n' (*fig.* 21) et le suspenseur

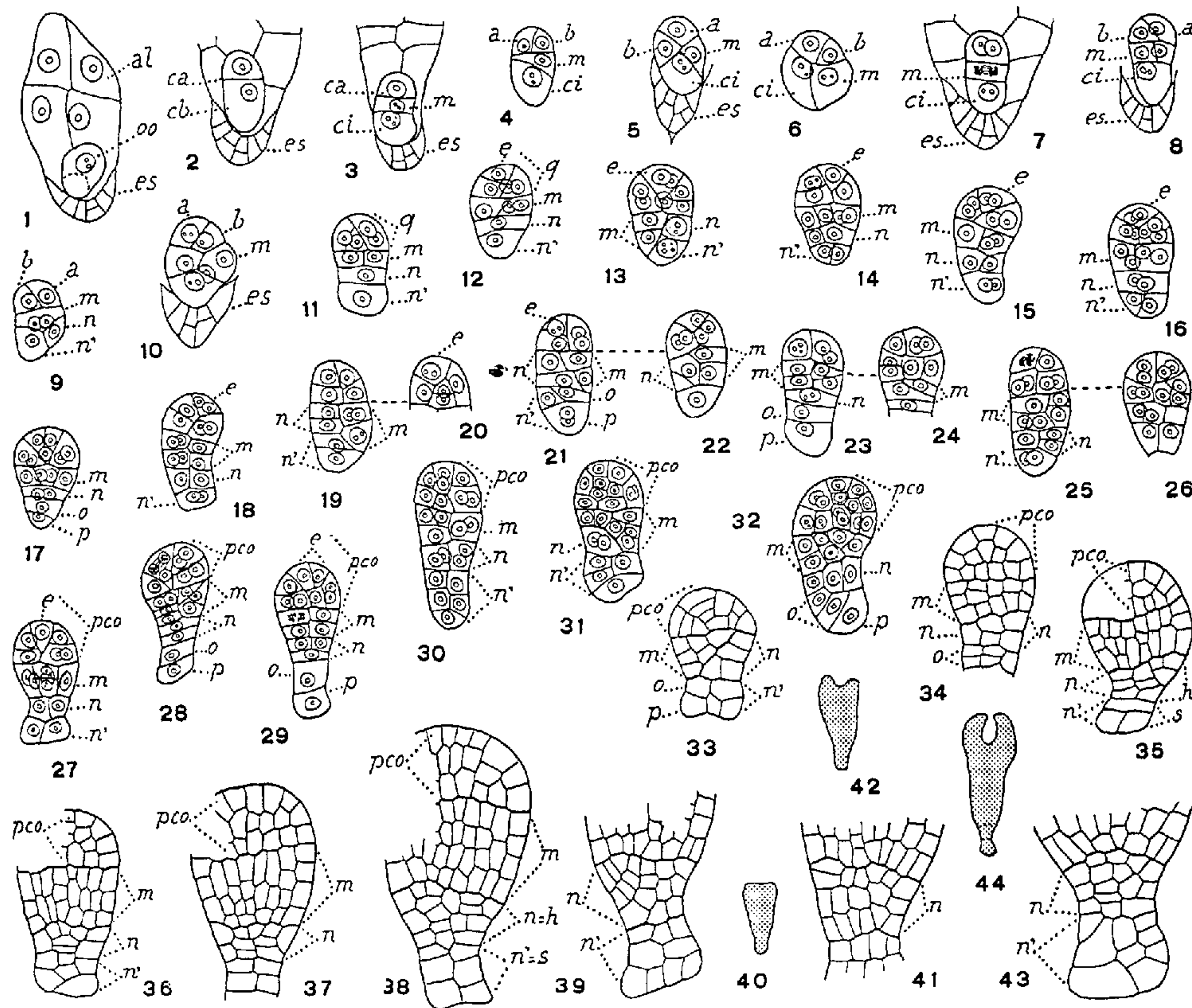


Fig. 1 à 44. — *Adoxa Moschatellina* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *al*, albumen. *oo*, oospore; *es*, épistase; *ca* et *cb*, cellules, apicale et basale, du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *m'* et *ci* cellules-filles de *cb*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *h*, massif hypophysaire; *s*, suspenseur *sensu stricto*. En 19 et 20, deux coupes voisines d'un même proembryon; de même en 21 et 22, 23 et 24, 25 et 26. En 40, 42, 44, aspect général des formes d'où sont tirés les détails des figures 39, 41, et 43. — $G = 152$; 30 pour 40, 42 et 44.

par *p*, fille inférieure de n'. Dans la série tirant origine de la tétrade en B_2, *phy* est engendrée par *m*, *h* par *n*, le suspenseur par n' (*fig.* 12, 16, 18, 27 à 30), comme cela se produit parfois chez les espèces relevant de l'archétype du *Geum urbanum* L.

Il faut ajouter que, en raison des variations des formes et de l'irrégularité de la plupart des cloisonnements, il est difficile, à partir de certains stades, de reconnaître les lignes exactes de démarcation entre les trois régions, d'assister à la différenciation définitive des cellules-mères des histogènes ou des initiales des points végétatifs. En particulier, l'origine des initiales de l'écorce au sommet radiculaire aux dépens de *phy* ou de *h* n'a pu être

établie avec certitude; on ne peut dire si le massif hypophysaire correspond à une hypophyse véritable ou s'il représente seulement un tissu de pénétration engendrant le primordium de la coiffe.

A considérer la catégorie des deux tétrades et les destinées des deux blastomères *ca* et *cb*, l'embryon de l'*Adoxa* vient se ranger dans le deuxième groupe embryogénique du système périodique, se rattache au mégarchétype II et prend place dans la case qu'occupe la famille embryogénique dont le *Geum urbanum* L. est le chef de file ([3]). Ces rapports témoignent d'une parenté, lointaine si l'on veut, mais qu'on ne peut nier. A cet égard, il n'est pas inutile de signaler les analogies frappantes qu'offre l'*Adoxa* avec certaines Rosacées : 1° dans les caractères organographiques du fruit qui rappellent, toutes proportions gardées, ceux de certaines Pyrées, par exemple ceux de la sorbe ou de la nèfle; 2° dans la construction de ses formes tant régulières qu'irrégulières, ces dernières semblables à celles que A. Lebègue a observées, chez les *Pyrus*, *Cratægus* ou *Malus* ([4]).

Mais le type du *Geum urbanum* L. se rencontre ailleurs que chez les Rosacées, par exemple chez des Gamopétales : les Boragacées (*Cerinthe*) ([5]), les Caprifoliacées (*Symphoricarpos*) ([6]), les Polémoniacées (*Gilia*) ([7]). Les figures 9, 13, 14, 15, 16, 25, 31 que j'ai reproduites, au sujet du *Symphoricarpos occidentalis* Hook., sont semblables à celles qui correspondent aux mêmes stades chez l'*Adoxa Moschatelinal* et pourraient être attribuées à cette dernière plante.

Somme toute, les données de l'embryogénie apportent pleine confirmation à l'opinion des auteurs qui rangent les Adoxacées parmi les Caprifoliacées ou à leur côté. Elles s'ajoutent à tous les autres arguments, nombreux et divers, sur lesquels Lagerberg, après Fritsch, s'est appuyé pour admettre que l'*Adoxa* apparaît comme « une bonne Caprifoliacée à ranger sans hésitation à côté des *Sambucus* ». Hallier (1912), se fondant sur des observations anatomiques, se rallie à la même opinion. Sprague (1925) émet l'hypothèse que l'explication possible de la double parenté de l'*Adoxa* avec les Saxifragacées, d'une part, avec les Caprifoliacées, d'autre part, résiderait dans des rapports de formes remontant aux Rosales.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

([1]) *Voir* par exemple : A. P. DE CANDOLLE, *Prodromus, syst. nat. reg. vaget.*, 4, Paris, 1830, p. 251; E. LE MAOUT et J. DECAISNE. *Traité gén. de Bot.*, Paris, 1876; T. LAGERBERG. *K. Svenska Vetensk. Acad. Handlinger*, 44, 1909; T. A. SPRAGUE, *J. linn. Soc. London*, 47, 1923-1927, p. 471-487.

([2]) R. SOUÈGES, *Embryogénie* et *Classification*, 2e fasc., Partie générale, Paris, 1939, p. 30.

([3]) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, 174, 1932, p. 1070 et 1197; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645; *Embryogénie* et *Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, Paris, 1948, p. 47.

([4]) A. LEBÈGUE, *Ann. Sc. nat. bot.*, 11e série, 13, 1952, p. 1-160.

(5) R. Souèges, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 200.
(6) R. Souèges, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1066.
(7) R. Souèges, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 543.
(8) K. Fritsch *in* Engler u. Prantl, *Nat. Pflanzenfam.*, 4, 4 Ab., 1891, p. 170.
(9) H. Hallier, *Arch. néerl.*, 3e série, 1, 1912, p. 146.

EMBRYOLOGIE. — *Sur l'inversion du plan de symétrie bilatérale chez l'embryon de Souris.* Note de M. **Paul Ancel** et Mme **Maryse Reyss-Brion**.

Nous avons observé chez un Mammifère de nombreux cas d'inversion qui nous paraissent dus à un conflit entre deux facteurs agissant sur l'œuf fécondé indivis.

La notion d'inversion du plan de symétrie bilatérale de l'embryon est due aux observations faites sur des œufs d'Oiseaux par von Bäer et de nombreux auteurs à sa suite. L'œuf pondu a cheminé dans les conduits génitaux, gros bout en arrière. Si l'on place ce gros bout de l'œuf vers la gauche de l'observateur, le plan de symétrie bilatérale de l'embryon est dans la très grande majorité des cas, chez la Poule, perpendiculaire au grand axe de l'œuf et la tête de l'embryon est éloignée de l'observateur (position dite de von Bäer). Lorsque la tête apparaît au contraire située vers l'observateur, on dit que le plan est inversé. En général on admet, pour déterminer chacune de ces deux positions (von Bäer et inverse), un écart maximum de 45°, de part et d'autre du plan perpendiculaire au grand axe de l'œuf, qui est aussi celui des conduits génitaux.

Les observations que nous avons faites sur 249 embryons de Souris, suivant une technique précédemment décrite (1), nous ont montré que dans 83,8 % des cas, le plan de symétrie bilatérale était perpendiculaire au grand axe de la corne utérine ou ne s'écartait pas de cette position de plus de 45°. Parmi ces cas de perpendicularité nous en avons observé 121 dans lesquels la tête était éloignée de l'observateur (48,5 %) et 88 dans lesquelles elle était dirigée vers l'observateur (35,3 %).

Les embryons étaient examinés par la face ventrale au travers d'une fenêtre ouverte sur la face antimésométrale des renflements utérins. L'extrémité ovarienne de la corne utérine était placée vers la gauche de l'observateur, comme dans la technique von Bäer.

Si l'on veut comparer ces résultats avec ceux qui ont été obtenus chez les Oiseaux, il faut tenir compte du fait que l'embryon des Oiseaux était examiné par sa face dorsale. Si nos embryons de Souris l'avaient été aussi par cette face dorsale (face mésométrale), l'extrémité ovarienne de la corne utérine étant toujours tournée vers la gauche de l'observateur, ce sont les cas dans lesquels la tête est éloignée de l'observateur, c'est-à-dire les cas de position von Bäer, qui auraient été le moins fréquemment observés (35,5 %) et les cas d'inversion le plus fréquemment (48,5 %).

Les recherches faites par l'un de nous sur 5 000 œufs de Poule [2] ont donné une proportion beaucoup moins élevée de cas d'inversion (5,9 %). Mais la fréquence des cas d'inversion peut varier avec le nombre des œufs examinés.

Les statistiques faites sur 50 groupes de 100 œufs ont donné des variations allant de 2 à 14 %. Cette fréquence varie aussi avec les poules, des proportions s'élevant à 11, 13, 18, 19, 22 ont été observées au cours de ces recherches. L'inversion varie encore de fréquence avec les espèces. Elle est très rare chez la Pigeonne. Barthelmez [3] en a signalé quatre cas sur 600 œufs, soit 0,6 %. Elle paraît au contraire plus fréquente chez la Cane que chez la Poule. Feré [4] qui a étudié 74 embryons de Poule et autant de Cane en a trouvé chez la Poule une proportion de 9,4 % et chez la Cane de 15 %. Vintemberger et Clavert [5] signalent 32,66 % d'inversion chez la Cane contre 43 % de position von Bäer. En outre, les résultats donnés par les auteurs concernant la fréquence de l'inversion varient aussi parce que l'étendue du secteur dans lequel se trouve la tête de l'embryon admis pour caractériser l'inversion n'est pas la même pour tous les observateurs. Certains d'entre eux ne considèrent comme inversés, que les cas où la tête de l'embryon se trouve dans le secteur de 30° opposé à la position von Bäer, tandis que d'autres admettent tous les cas où elle se trouve dans de plus vastes secteurs pouvant même atteindre 180°. Quelles que soient toutes ces causes de variation, les cas d'inversion chez les Oiseaux se sont toujours montrés moins nombreux que ceux où l'embryon est en position von Bäer. Chez les embryons de Souris que nous avons examinés, c'est l'inverse qui s'est produit.

Chez les Oiseaux, l'inversion a été expliquée par un retournement de l'œuf qui cheminerait anormalement dans les voies génitales, gros bout en avant; le retournement de l'œuf aurait lieu pour Barthelmez au moment où l'œuf pénètre dans l'oviducte et pour Vintemberger et Clavert dans l'utérus. L'un de nous ayant déjà donné son avis motivé à ce sujet [6], nous n'y reviendrons pas ici et ne nous occuperons que du déterminisme de l'inversion que nous avons constatée chez l'embryon de Souris.

L'hypothèse du retournement de l'œuf ne pourrait s'appuyer sur aucun fait et ne saurait donc être discutée. Il n'en est pas de même d'une hypothèse encore envisagée et qui est basée sur des faits mis expérimentalement en évidence chez les Amphibiens.

Brachet [7] à la suite de Roux, a montré que chez *Rana fusca*, le plan de symétrie bilatérale de l'embryon est orienté par le spermatozoïde de telle manière que sur l'œuf fécondé indivis, le point d'entrée du spermatozoïde et la traînée spermatique sont situés dans le plan de symétrie bilatérale et du côté ventral présomptif, c'est-à-dire sur la face de l'œuf opposée à celle qui renferme le croissant gris. Ancel et Vintemberger [8] ont confirmé ces observations de Brachet et montré par des expériences

de fécondation localisée suivies de rotation de l'œuf, que si l'on fait tourner l'œuf de telle manière que l'axe polaire soit situé dans le plan de rotation et que la face qui renferme le point d'entrée du spermatozoïde ait une direction ascendante au départ, rien n'est changé dans l'orientation de l'axe dorsoventral, mais si l'on fait exécuter à l'œuf cette même rotation en sens inverse (la face qui renferme le point d'entrée du spermatozoïde ayant une direction ascendante au départ) le point d'entrée du spermatozoïde et la traînée spermatique se trouvent sur la face dorsale présomptive, c'est-à-dire dans le croissant gris qui vient d'apparaître. L'axe dorsoventral a été ainsi inversé par la rotation de l'œuf.

Ces auteurs ont obtenu au cours d'expériences de ce genre les résultats suivants qui mettent en outre en évidence l'importance de l'amplitude de la rotation imposée à l'œuf par l'expérimentateur dans la réalisation expérimentale de cette inversion et celle du spermatozoïde suivant les pontes : Une rotation de 360° a annihilé sur tous les œufs et dans toutes les pontes l'action du spermatozoïde tandis qu'une rotation de 180° n'a agi que sur un peu plus de la moitié des œufs dans certaines pontes, alors qu'avec d'autres pontes, une rotation de 180° ou même de 90° a annihilé dans tous les œufs, l'action du spermatozoïde.

On peut donc chez des Amphibiens mettre expérimentalement en opposition deux facteurs qui agissent sur l'orientation de l'axe dorsoventral. Dans l'hypothèse chez la Souris d'une orientation du plan de symétrie bilatérale par une rotation de l'œuf fécondé indivis dans la trompe, l'axe dorsoventral serait orienté soit par le spermatozoïde, soit par la rotation de l'œuf fécondé indivis.

L'action de ces deux facteurs sera plus ou moins concordante ou plus ou moins opposée suivant les points d'entrée du spermatozoïde et le sens dans lequel s'exécute la rotation.

L'action du spermatozoïde précédant celle de la rotation de l'œuf, les résultats dans l'orientation du plan de symétrie bilatérale et de l'axe dorsoventral dépendront en somme du méridien et du sens dans lequel cette rotation s'exercera. L'inversion se produira dans les cas où la rotation de l'œuf aura été incapable d'annihiler ou de modifier sensiblement l'action du spermatozoïde sur l'orientation de l'axe dorsoventral.

Suivant cette hypothèse, la fréquence plus grande des cas d'inversion du plan de symétrie bilatérale par rapport aux cas de position von Bäer que nous avons observée chez l'embryon de Souris est due à une puissance du spermatozoïde plus grande que celle de la rotation de l'œuf dans la trompe pour orienter l'axe dorsoventral de l'embryon de ce Mammifère.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 932.
(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2285.

(3) *J. Morphol.*, 23, 1912, p. 269.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, 48, 1896, p. 909.
(5) *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 571.
(6) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1246, 1369 et 1433.
(7) *L'œuf et les facteurs de l'ontogenèse*, 2e édit., Doin, Paris, 1931.
(8) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 1948, Suppl. 31, p. 182.

M. **Pierre Pruvost** fait hommage à l'Académie de six fascicules du *Lexique stratigraphique international*: les nos 4, 9, 11, 12*a*, 13*a* du volume I ont été publiés sous sa direction; le no 2 du volume VI, l'a été sous la direction de M. Jacques Avias.

M. **Henri Gaussen** présente la *Carte de la végétation du Maroc*, feuille *Rabat-Casablanca*, par A. Théron et J. Vindt, publiée sous sa direction.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Roger Heim** :

Encyclopédie mycologique. XXVI et XXVII. *Mildious, oidiums, caries, charbons, rouilles des plantes de France*, par Georges Viennot-Bourgin. Texte et Atlas.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de l'organisation d'une **Journée d'étude sur la rentabilité de la Recherche**, qui se tiendra au Palais de la Découverte, à Paris, le 7 novembre 1956.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Lexique technique français-anglais* et *anglais-français*, par Guy Malgorn;
2° Stanislaw Lorentz. *Museums and Collections in Poland*. 1945-1955;
3° *Pisma Maksymiliana Tytusa Hubera*, par M. T. Huber. Tome II;
4° Académie des sciences de l'U. R. S. S. *Teoria veroiatnostey i ee primenenia*. Tome I.

ALGÈBRE. — *Sur la théorie algébrique de la croissance.* Note (*) de M. Paul Jaffard, présentée par M. Henri Villat.

Toute valuation coréticulée d'un groupe de croissance G sur un filtre $\mathcal{F}$ peut être factorisée par l'application canonique de G sur un groupe de croissance sur un ultrafiltre plus fin que $\mathcal{F}$. Application aux relations de domination.

Soient $\mathfrak{G}$ le groupe réticulé additif des fonctions réelles sur un ensemble E,

$\mathcal{F}$ un filtre sur E et $\mathcal{H}_{\mathcal{F}}$ le sous-groupe de $\mathfrak{G}$ formé par les fonctions s'annulant sur un élément de $\mathcal{F}$. Le groupe réticulé quotient $\mathfrak{G}/\mathcal{H}_{\mathcal{F}} = \mathfrak{G}_{\mathcal{F}}$ est dit *groupe de croissance sur le filtre* $\mathcal{F}$. Pour qu'il soit totalement ordonné il faut et il suffit que $\mathcal{F}$ soit un ultrafiltre ([1]). Si $\mathcal{F}'$ est un filtre plus fin que $\mathcal{F}$, l'homomorphisme canonique $\varphi_{\mathcal{F}',\mathcal{F}} : \mathfrak{G}_{\mathcal{F}} \to \mathfrak{G}_{\mathcal{F}'}$ est *coréticulé*, c'est-à-dire respecte les opérations inf et sup. Dans le cas où $\mathcal{F}'$ est un ultrafiltre, c'est donc une *valuation coréticulée* de $\mathfrak{G}_{\mathcal{F}}$. Les valuations coréticulées de $\mathfrak{G}_{\mathcal{F}} = G$ correspondant biunivoquement aux t-idéaux premiers de G ([2]), tout ultrafiltre $\mathfrak{U}$ plus fin que $\mathcal{F}$ définit un t-idéal premier de G.

Lemme. — *Tout t-idéal premier* P *de* $G = \mathfrak{G}_{\mathcal{F}}$ *est contenu dans un t-idéal premier* M *de* G *défini par un ultrafiltre.*

f étant une fonction réelle sur E, $E^+(f)$ sera le sous-ensemble de E sur lequel elle est strictement positive et $\bar{f}$ l'élément de G qu'elle définit. $\mathfrak{G}_+$ est l'ensemble des éléments $\geqq 0$ de $\mathfrak{G}$. On note φ l'homomorphisme $\mathfrak{G} \to G$. P définit une valuation coréticulée ψ_P de G sur un groupe totalement ordonné G_P et $\varphi_P = \psi_P \varphi$ définit un t-idéal premier $\mathfrak{P}$ de $\mathfrak{G}$.

Soit $\mathfrak{U}$ l'ensemble de parties de E ainsi défini ;

$$X \in \mathfrak{U} \Leftrightarrow \exists f \in \mathfrak{P}, \quad \text{avec} \quad X = E^+(f).$$

Montrons que $\mathfrak{U}$ est un ultrafiltre plus fin que $\mathcal{F}$: $\mathfrak{P} \neq \emptyset$ entraîne $\mathfrak{U} \neq \emptyset$. Soient $X \in \mathfrak{U}$ et $X \subset Y$. $\exists f \in \mathfrak{P}$ avec $X = E^+(f)$. $\exists g \in \mathfrak{G}_+$ avec $Y = E^+(g)$. Les relations $f + g \in \mathfrak{P}$ et $Y = E^+(f+g)$ entraînent $Y \in \mathfrak{U}$. Soient $X = E^+(f)$ et $Y = E^+(g)$ $(f, g \in \mathfrak{P})$. $\inf(f, g) \in \mathfrak{P}$ entraîne $X \cap Y \in \mathfrak{U}$. $\mathfrak{U}$ est donc un filtre.

Soient X_1, $X_2 \subset E$ et $f \in \mathfrak{P}$ et avec $X_1 \cup X_2 = E^+(f)$. $\exists f_1, f_2 \in \mathfrak{G}_+$ avec $f \leqq f_1 + f_2$, $E^+(f_1) = X_1$ et $E^+(f_2) = X_2$. Comme $\mathfrak{P}$ est premier, f_1 ou f_2 appartient à $\mathfrak{P}$. Soit $f_1 \in \mathfrak{P}$. On a $X_1 \in \mathfrak{U}$. Donc $X_1 \cup X_2 \in \mathfrak{U}$ entraîne X_1 ou $X_2 \in \mathfrak{U}$ et $\mathfrak{U}$ est un ultrafiltre.

Soient $X = E^+(f)$ et $A \in \mathcal{F}$. La relation $f \in \mathfrak{P}$ entraîne $\bar{f} \in P$. Si l'on avait $X \cap A = \emptyset$, on aurait $\bar{f} \leqq 0$ ce qui contredirait $\bar{f} \in P$. Tout élément de $\mathfrak{U}$ a donc une intersection non vide avec tout élément de $\mathcal{F}$: $\mathfrak{U}$ est plus fin que $\mathcal{F}$.

Soient M le t-idéal premier de G défini par $\mathfrak{U}$ et $\bar{f} \in P$. On peut supposer $f \in \mathfrak{G}_+$. Donc $\varphi_P(f) = \psi_P(\bar{f}) > 0$ et $f \in \mathfrak{P}$. Par suite $E^+(f) \in \mathfrak{U}$ et $\bar{f} \in M$. On a $P \subset M$. D'où le lemme.

A partir du lemme précédent on montre immédiatement le :

Théorème 1. — *Toute valuation coréticulée* ψ_P *du groupe de croissance* G (*sur le filtre* $\mathcal{F}$) *sur un groupe totalement ordonné* G_P *est le produit de l'homomorphisme canonique* $\varphi_{\mathfrak{U},\mathcal{F}}$ *de* G *sur le groupe de croissance* $\mathfrak{G}_{\mathfrak{U}}$ (*sur un ultrafiltre* $\mathfrak{U}$ *plus fin que* $\mathcal{F}$) *et d'un homomorphisme coréticulé du groupe totalement ordonné* $\mathfrak{G}_{\mathfrak{U}}$ *sur le groupe totalement ordonné* G_P.

f et g étant deux fonctions réelles sur E telles que $\bar{f}, \bar{g} \geqq 0$, on dit que f

est *dominée par* g *suivant* $\mathcal{F}$ s'il existe un entier $n > 0$ tel que $\bar{f} \leq n\bar{g}$. On dit que f est *négligeable devant* g *suivant* $\mathcal{F}$ si $\bar{f} \leq n\bar{g}$ pour tout entier $n > 0$.

THÉORÈME 2. — *Pour que* f *soit dominée par* g *suivant* $\mathcal{F}$, *il faut et il suffit qu'il n'existe aucun ultrafiltre* $\mathfrak{U}$ *plus fin que* $\mathcal{F}$ *tel que* g *soit négligeable devant* f *suivant* $\mathfrak{U}$.

L'homomorphisme $\varphi_{\mathfrak{U},\mathcal{F}} = \psi_{\mathfrak{U}}$ montre immédiatement que la condition est nécessaire.

Suffisance : Supposons que f ne soit pas dominée par g suivant $\mathcal{F}$ et soit $S = \bigcup_n \{ng\}$ (n parcourant l'ensemble de tous les entiers > 0). S est additivement clos et $S \cap (f) = \emptyset$ ((f) est l'ensemble des éléments de $G \geq f$). D'après un théorème de Krull, $\exists$ P, t-idéal premier de G, tel que $f \in P$ et $P \cap S = \emptyset$, donc tel que $g \notin P$. D'après le théorème 1, $\exists$ un ultrafiltre $\mathfrak{U}$ plus fin que $\mathcal{F}$ tel que $\psi_P = \psi' \psi_{\mathfrak{U}}$ où ψ' est un homomorphisme coréticulé de $\mathfrak{G}_{\mathfrak{U}}$ tel que :

$$\psi'(\psi_{\mathfrak{U}}(f)) > 0 \quad \text{et} \quad \psi'(\psi_{\mathfrak{U}}(g)) = 0.$$

Ceci n'est possible que si $\psi_{\mathfrak{U}}(g)$ est infiniment petit devant $\psi_{\mathfrak{U}}(f)$, c'est-à-dire si g est négligeable devant f suivant $\mathfrak{U}$. C.Q.F.D.

(1) Voir W. KRULL, *Math. Zeit.*, 64, 1956, p. 10-40; P. JAFFARD, *Un problème sur les ensembles lié à la théorie de la croissance*. A paraître au *Bulletin des Sciences Mathématiques*.

(2) Voir P. LORENZEN, *Math. Zeit.*, 45, 1939, p. 533-553.

ALGÈBRE. — *Sur deux représentations des demi groupes finis*. Note (*) de M. **MARCEL PAUL SCHÜTZENBERGER**, présentée par M. Georges Darmois.

Soit Σ un demi groupe (1) d'applications d'un ensemble fini E dans lui-même. A tout $\sigma \in \Sigma$ on fait correspondre dans certains problèmes l'application « inverse » $\overset{-1}{\sigma}$ définie sur $F = \mathfrak{P}(E)$ par $\overset{-1}{\sigma} x = \{ \cup y : \sigma y \subset x \}$. Les $\overset{-1}{\sigma}$ fournissent une représentation de Σ anti-isomorphe de la première. Attachons à tout σ les deux matrices carrées à indices dans F suivantes :

$$S_\sigma : \; S_\sigma(x; y) = 1 \text{ si } \sigma x = y; \qquad S_\sigma(x; y) = 0 \text{ si } \sigma x \neq y,$$
$$S'_\sigma : \; S'_\sigma(x; y) = 1 \text{ si } x = \overset{-1}{\sigma} y; \qquad S'_\sigma(x; y) = 0 \text{ si } x \neq \overset{-1}{\sigma} y.$$

S'_σ est la transposée de la matrice d'application attachée à $\overset{-1}{\sigma}$ et S_σ est la matrice correspondant à l'extension de σ à F. Supposant que Σ est le demi groupe de toutes les applications de E dans lui-même, nous donnerons une base du module $\mathfrak{B}$ des matrices carrées à indices dans F telles que

(1) $$S_\sigma B = B S'_\sigma \quad \text{pour tout} \quad B \in \mathfrak{B} \quad \text{et} \quad \sigma \in \Sigma.$$

Notations. — On utilisera les matrices particulières suivantes dont les éléments sont égaux à o ou à 1. (On a indiqué pour chacune d'elles ci-dessous la partie de $F \times F$ correspondant aux éléments non nuls).

T : $x = E - y$; B_0 : $x = \emptyset$; B_1 : $\emptyset \neq x \subset y$; $B_2 = B_1 T$: $\emptyset \neq x \subset E - y$.
B_3 : $x \cap y \neq \emptyset \neq x \cap (E - y)$; C_0 : $x = y = \emptyset$; $C_3 = TC_0$: $E - x = y = \emptyset$;
$B'_1 = B_0 + B_1$; $C'_1 = B'^{-1}_1$; $C'_2 = (B_0 + B_2)^{-1} = C'_1 T$; $B'_0 = B_0 + B_1 + B_2 + B_3$

PROPOSITION. — *Les matrices* B_0, B_1, B_2, B_3 *constituent une base indépendante de* $\mathfrak{B}$.

Démonstration. — Pour un σ donné, (1) s'écrit :

$$(1') \qquad \sum_{y \in F} S(x; y) B(y; z) = \sum_{y \in F} B(x; y) S'(y; z) \qquad \text{pour tout } x, z \in F.$$

Soit encore puisque $S(x; y)$ et $S'(x; y)$ ne diffèrent de zéro que si $\sigma x = y$ et $x = \overset{-1}{\sigma} y$

$$(1'') \qquad \text{pour tout } x, z \in F : \quad B(\sigma x; z) = B(x; \overset{-1}{\sigma} z).$$

Or, pour tout σ, $z \cap \sigma x = \emptyset$ est équivalent à $x \cap \overset{-1}{\sigma} z = \emptyset$. Le système (1″) d'équations se décompose donc en quatre sous systèmes tels que chaque $B(x; y)$ ne figure que dans un seul d'entre eux et ceux-ci correspondent aux cas suivants :

$(1'')_0$: $x \cap z = \emptyset = x \cap (E - z)$, c'est-à-dire $x = \emptyset$.
$(1'')_1$: $x \cap z \neq \emptyset = x \cap (E - z)$, » $\emptyset \neq x \subset z$.
$(1'')_2$: $x \cap z = \emptyset \neq x \cap (E - z)$, » $\emptyset \neq x E - z$.
$(1'')_2$: $x \cap z \neq \emptyset \neq x \cap (E - z)$.

Montrons maintenant que si $B(x; y)$ et $B(x'; y')$ figurent dans le même sous-système, ils sont égaux.

$(1'')_0$: Quel que soit $z \neq \emptyset$, E, on peut trouver σ et σ' tels que $\overset{-1}{\sigma} z = \emptyset$ et $\overset{-1}{\sigma'} z = E$. Donc $B(\emptyset; z) = B(\emptyset; \overset{-1}{\sigma} z) = B(\emptyset; \emptyset)$, d'une part, et, d'autre part, $B(\emptyset; z) = B(\emptyset; \overset{-1}{\sigma'} z) = B(\emptyset; E)$.

$(1'')_1$: Si $\emptyset \neq x \subset z$, on peut trouver σ tel que $\sigma E = x$ et $\overset{-1}{\sigma} z = E$. Donc, $B(x; z) = B(\sigma E; z) = B(E; \overset{-1}{\sigma} z) = B(E; E)$.

$(1'')_2$: Quels que soient σ et z, on a $\overset{-1}{\sigma} z = E - \overset{-1}{\sigma}(E - z)$. Donc, comme pour $(1'')_1$, $B(x, z) = B(E; \emptyset)$.

$(1'')_3$: Nous désignons par $|u|$ le nombre d'éléments de E contenus dans $u \in F$. Sous l'hypothèse $(1'')_3$, il existe plusieurs y tels que

$$(2) \qquad 0 < |x \cap z| \leq |y| \leq |E| - (|x| - |x \cap z|) < |E|.$$

En outre, pour tout semblable y, on peut trouver un σ tel que $\sigma y = x \cap z$ et

$\sigma(E-y) = x - x \cap z$; c'est-à-dire

$$\sigma E = \sigma y \cup \sigma(E-y) = x \qquad \text{et} \qquad \overset{-1}{\sigma} z = E - \overset{-1}{\sigma}(E-z) = y.$$

Donc $B(x; z) = B(E; y)$, pour tout y satisfaisant (2).

PROPOSITION. — *Si le corps de base de* $\mathfrak{B}$ *est commutatif, le déterminant* β *de* $B = \lambda_0 B_0 + \lambda_1 B_1 + \lambda_2 B_2 + \lambda_3 B_3$ *est égal à* $\lambda_0(\lambda_1 - \lambda_2)^m (\lambda_1 + \lambda_2 - 2\lambda_3)^{m-1}$ *où* $n = |E|$ *et* $m = 2^{n-1}$.

Démonstration. — λ_0 est un facteur simple de β. Formons les combinaisons suivantes de colonnes de B :

1° « Colonne z » — « colonne $(E-z)$ » pour tous les z tels que $|z| < |E|/2$ et si $|E|$ est paire pour tous les z contenant un élément fixe de E quand $|z| = |E|/2$. $B(x; z) - B(x; E-z) = 0$ si $x = \emptyset$; $= \lambda_1 - \lambda_2$ si $x \neq \emptyset$.

2° « Colonne $\emptyset$ » — « colonne E » — « colonne z » — « colonne $(E-z)$ » pour tous les $z \neq \emptyset$, E. $B(x; \emptyset) + B(x; E) - B(x; z) - B(x; E-z) = 0$ si $x = \emptyset$; $= \lambda_1 + \lambda_2 - 2\lambda_3$ si $x \neq \emptyset$.

PROPOSITION. — *Toute matrice* C *telle que* $CS_\sigma = S'_\sigma C$, *identiquement, est de la forme* $C = \mu_0 C_0 + \mu_1 C'_1 + \mu_2 C'_2 + \mu_3 C'_3$ *et* $BC = 1$ *si et seulement si*

$$\lambda_0(\mu_0 + \mu_1 + \mu_2 + \mu_3) = 1, \qquad (\lambda_1 - \lambda_2)(\mu_1 - \mu_2) = 1,$$
$$(\lambda_1 + \lambda_2 - 2\lambda_3)(\mu_1 + \mu_2) = 1, \qquad \lambda_1 \mu_3 + \lambda_2 \mu_0 + \lambda_3(\mu_1 + \mu_2) = 0.$$

Démonstration. — C_0 et C_3 satisfont manifestement la relation précédente de même que $(B_0 + B_1)^{-1}$ et $(B_0 + B_2)^{-1}$; le résultat en découle puisque ces quatre matrices sont linéairement indépendantes.

On trouve de même l'expression générale des matrices D (resp. D') satisfaisant identiquement $S_\sigma D = DS_\sigma$ (resp. $S'_\sigma D' = D'S'_\sigma$) :

$$D = \delta_0 I + \delta_1 (B_0 + B_2) B'^{-1} + \delta_2 C_0 + \delta_3 B'_0 C_0 \qquad \text{et} \qquad D' = \delta'_0 I + \delta' T + \delta'_2 B_0 + \delta_3 T B_0.$$

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) P. DUBREIL, *Algèbre*, Gauthier-Villars, 1946, p. 34.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles formules relatives aux polynomes de Legendre.* Note de M. **DRAGOSLAV S. MITRINOVITCH**, présentée par M. Henri Villat.

1. Pour les polynomes de Legendre $P_n(x)$ sont valables les formules de F. Neumann (1) suivantes :

$$(1) \qquad \frac{d^s P_n}{dx^s} = \sum_{k=1}^{N} \left\{ \binom{s+k-2}{s-1} (2n - 2s - 4k + 5) P_{n-s-2k+2} \prod_{\mu=2}^{s} (2n - 2k - 2\mu + 5) \right\},$$

avec

$$N = \begin{cases} \dfrac{n-s}{2}+1, & \text{si } n-s \text{ pair,} \\ \dfrac{n-s-1}{2}+1, & \text{si } n-s \text{ impair;} \end{cases}$$

(2) $$\frac{dP_n}{dx} = \sum_{k=1}^{M} (2n-4k+3)\, P_{n-2k+1},$$

avec

$$M = \begin{cases} \dfrac{n-1}{2}+1, & \text{si } n-1 \text{ pair,} \\ \dfrac{n}{2}, & \text{si } n-1 \text{ impair.} \end{cases}$$

A partir de ces formules, on trouve, après quelques transformations la majoration suivante [2]

$$\left|\frac{d^sP_n}{dx^s}\right| \leqq \frac{s\,!}{2^s}\binom{n}{s}\binom{n+s}{s}, \qquad \text{si} \quad -1 \leqq x \leqq +1 \qquad (n=1,\ 2,\ \ldots;\ s \leqq n).$$

On en déduit

$$\left|\frac{d^sP_n}{dx^s}\right| < \frac{n^{2s}}{s\,!}, \qquad -1 \leqq x \leqq +1 \qquad (n=1,\ 2,\ \ldots,\ s \leqq n).$$

On obtient aussi la majoration que voici [2]

$$\left|\frac{d^sP_n}{dx^s}\right| \leqq \frac{(n+s+1)^{2s}}{2^s s\,!}, \qquad -1 \leqq x \leqq +1 \qquad (s \leqq n).$$

2. En prenant comme point de départ les formules de Neumann (1) et (2), on trouve ce qui suit :

$$\begin{aligned} &\int_{-1}^{+1} \frac{d^rP_m}{dx^r}\,\frac{d^sP_n}{dx^s}\,dx \\ &\quad = 2\sum_{k=1}^{N}\Bigg\{(2n-2s-4k+5)\binom{k+s-2}{s-1}\binom{\frac{1}{2}(\overline{m-r}-\overline{n-s})+k+r-2}{r-1} \\ &\qquad\qquad \times \prod_{\lambda=2}^{r}(m+n+r-s-2k-2\lambda+5)\prod_{\mu=2}^{s}(2n-2\mu-2k+5)\Bigg\}, \end{aligned}$$

où les nombres N, m, n, r, s vérifient les conditions suivantes :

$$r \geqq 2, \qquad s \geqq 2, \qquad m-r \geqq n-s, \qquad (m-r)-(n-s) \text{ pair}$$

(N est défini plus haut).

Si $(m-r)-(n-s)$ est impair, on a

$$\int_{-1}^{+1} \frac{d^rP_m}{dx^r}\,\frac{d^sP_n}{dx^s}\,dx = 0.$$

A l'aide de la formule de Rodrigues, après quelques transformations, on obtient

$$\int_{-1}^{+1} \frac{d^r P_m}{dx^r} \frac{d^s P_n}{dx^s} dx = 2^{2-r-s} \sum_{k=1}^{r} (-1)^{k-1} (r-k)!\,(s+k-1)!$$
$$\times \binom{m+r-k}{r-k} \binom{m}{r-k} \binom{n+s+k-1}{s+k-1} \binom{n}{s+k-1},$$

en désignant par m, n, r, s des nombres naturels satisfaisant aux conditions suivantes :

$$m - r \geqq n - s, \qquad (m-r) - (n-s) \text{ pair.}$$

3. Les cas qui sont exclus ici, ainsi que des généralisations seront traités dans un article qui paraîtra ailleurs. Dans l'article en question seront indiquées également les démonstrations des formules données plus haut.

Remarquons, enfin, que les majorations indiquées plus haut contiennent quelques résultats de Sansone, comme cas particuliers.

(1) F. Neumann, *Beiträge zur Theorie der Kugelfunctionen*, Leipzig, 1878, p. 62-63.
(2) D. S. Mitrinovitch, *Boll. Un. Math. Ital.*, 11, 1956, p. 172.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions de type positif.*

Note de M. **Cassius Ionescu Tulcea**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soit G un groupe localement compact, S un sous-espace localement compact de G et μ la restriction à S d'une mesure de Haar de G invariante à gauche. Supposons :

1° S stable et contenant l'unité e de G (1);

2° S muni d'une application continue $x \to x^+$ de S dans S vérifiant les relations $(xy)^+ = y^+x^+$, $z^{++} = z$ quels que soient $x, y, z \in S$;

3° A^+ localement négligeable si A est localement négligeable;

4° $\mu(V) > 0$ pour tout voisinage compact $V \subset S$ de e.

Soit L(S) l'ensemble des mesures de Radon, définies sur S, à support compact et de base μ (2). Une fonction f, définie sur S, à valeurs complexes, μ-mesurable et μ-localement bornée (3) est de *type positif* si pour toute $\nu \in L(S)$

(1) $$\int_S \int_S f(x^+y)\, d\bar{\nu}(x)\, d\nu(y) \geqq 0.$$

Soit $\mathfrak{V}$ un recouvrement de S par des parties ouvertes relativement compactes. Pour toute famille $\mathfrak{R} = (r(A))_{A\in\mathfrak{V}}$ de nombres $\geqq 1$ désignons par $P(\mathfrak{R})$ l'ensemble des fonctions f, définies sur S, de type positif, vérifiant pour toute $\nu \in L(S)$, $A \in \mathfrak{V}$ et $a \in A$ l'inégalité

(II) $$\int_S \int_S f(x^+a^+ay)\, d\bar{\nu}(x)\, d\nu(y) \leqq r(A)) \int_S \int_S f(x^+y)\, d\bar{\nu}(x)\, d\nu(y).$$

2. Une *représentation normale* (r. n.) est un objet $\{H, U_s, a\}$ où H est un espace hilbertien, $S \to U_s$ une représentation fortement continue de S dans $\mathcal{L}(H)$ [4] vérifiant l'égalité $U_{s^+} = U_s^*$ pour tout $S \in S$ et a un élément appartenant à H tel que l'espace vectoriel fermé engendré par les $U_s a$ soit H. Deux r. n. $\{H, U_s, a\}$ et $\{H', U'_s, a'\}$ sont isomorphes s'il existe une application isométrique u de H sur H' telle que $u(a) = a'$ et $U'_s \circ u = u \circ U_s$. Si $\{H, U_s, a\}$ est une r. n. la fonction f définie sur S par l'égalité $f(s) = (U_s a | a)$ est la *fonction caractéristique* (f. c.) de $\{H, U_s, a\}$.

Théorème 1. — *Une fonction f appartient à un ensemble* P(R) *si et seulement si f coïncide localement presque partout avec la* f. c. *d'une* r. n. $\{U_f, U_{f,s}, a_f\}$ *déterminée à un isomorphisme près* [5].

Pour toute fonction f appartenant à un ensemble $P(\mathfrak{R})$ désignons par $\mathcal{A}_f$ l'algèbre engendré par les $U_{f,s}$.

3. Pour toute partie compacte $K \subset S$, soit L(S, K) l'ensemble des mesures $\nu \in L(S)$ dont le support est contenu dans K. Considérons sur L(S, K) la structure d'espace de Banach définie par la norme $\nu \to \|\nu\|$ où $\|\nu\| = \sup\{|\nu(f)|\,|\,\|f\| \leqq 1, f \in \mathfrak{K}(S)\}$. Sur L(S), réunion de la famille filtrante des L(S, K), considérons la topologie (d'espace tonnelé) limite inductive des topologies des espaces de Banach L(S, K) et soit L'(S) le dual de L(S). Tout ensemble $P(\mathfrak{R})$ sera supposé identifié à une partie de L'(S).

(★) Dans tout ce qui suit, nous supposerons que V contient un système fondamental de voisinages $\mathfrak{V}(e)$ de e, et que les familles $\mathfrak{R} = (\mathfrak{r}(A))_{A \in \mathfrak{V}}$ vérifient la relation $\lim_{A \in \mathfrak{V}(e)} \mathfrak{r}(A) = 1$.

Théorème 2. — *Pour qu'un ordonné filtrant $\mathcal{F}$ dont les éléments appartiennent à un même ensemble* $P(\mathfrak{R})$, *converge uniformément sur tout compact vers une fonction* $g \in P(\mathfrak{R})$, *il faut et il suffit que $\mathcal{F}$ converge faiblement* [6] *vers g et que* $\lim \sup_{f \in \mathcal{F}} f(e) \leqq g(e)$.

4. Une r. n. $\{H, U_s, a\}$ est *irréductible* si les seuls sous-espaces vectoriels fermés de H, invariants par les U_s sont H et $\{0\}$. Une fonction f définie sur S est *élémentaire* [7] si elle est la f. c. d'une r. n. irréductible; f est *normée* si $f(e) = 1$. Si S est abélien, f est élémentaire et *normée* si et seulement si f est continue, $f \not\equiv 0$ et $f(xy) = f(x)f(y)$, $f(z^+) = f(\bar{z})$, quels que soient $x, y, z \in S$.

Soit f une fonction appartenant à un ensemble $P(\mathfrak{R})$. Appelons *spectre* de f l'ensemble des fonctions élémentaires et normées qui sont limites uniformes, sur tout compact, de fonctions de la forme

$$\sum f(s_i^+ \times s_j) + \ldots + \sum f(u_i^+ \times u_j).$$

Théorème 3. — *Toute fonction f appartenant à un ensemble* $P(\mathfrak{R})$ *est limite uniforme sur tout compact de combinaisons linéaires à coefficients positifs, formées avec des fonctions appartenant au spectre de f.*

5. Pour tout ensemble $P(\mathfrak{U})$, désignons par $A(\mathfrak{U})$ l'ensemble des fonctions élémentaires et normées appartenant à $P(\mathfrak{U})$, et par $B(\mathfrak{U})$ l'ensemble des fonctions non identiquement nulles faiblement adhérentes [7] à $A(\mathfrak{U})$. Pour une mesure de Radon ν sur $B(\mathfrak{U})$, positive et bornée, désignons par $N(\mathfrak{U}, \nu)$ l'algèbre des fonctions définies sur $B(\mathfrak{U})$, ν-mesurables et bornées, munie de l'involution $g \rightarrow \bar{g}$.

THÉORÈME 4. — *Si* S *est séparable* [8], *à toute fonction* $f \in P(\mathfrak{U})$ *et algèbre involutive* $\mathcal{E} \subset \mathcal{Cl}'_f$, *commutative et maximale, on peut associer une mesure de Radon* μ_f *sur* $B(\mathfrak{U})$, *et une seule, positive et bornée et telle que :* (i) $\mu_f\left(B(\mathfrak{U}) \cap \complement A(\mathfrak{U})\right) = 0$; (ii) *il existe une représentation* $g \rightarrow F_g$ *de l'algèbre involutive* $N(\mathfrak{U}, \mu_f)$ *sur l'algèbre involutive* $\mathcal{E}$ *qui vérifie pour toute* $g \in N(\mathfrak{U}, \mu_f)$ *et* $S \in S$ *l'égalité*

$$(U_S F_g a \mid a) = \int_{B(\mathfrak{U})} \langle s, \varphi \rangle g(\varphi)\, d\mu_f(\varphi).$$

Si S *est abélien,* $B(\mathfrak{U}) = A(\mathfrak{U})$ *et à toute fonction* $f \in P(\mathfrak{U})$ *on peut associer une mesure de Radon* μ_f *sur* $A(\mathfrak{U})$, *et une seule, positive et bornée, qui vérifie pour tout* $s \in S$ *l'égalité*

$$f(S) = \int_{A(\mathfrak{U})} \langle s, \varphi \rangle\, d\mu_f(\varphi).$$

6. Pour toute famille $\mathfrak{U} = (r(A))_{A \in \mathfrak{V}}$ de nombres ≥ 1 soit $R(\mathfrak{U})$ l'ensemble des objets $\{H, U_S\}$ où H est un espace hilbertien et $S \rightarrow U_S$ une représentation de S dans $\mathcal{L}(H)$, fortement continue, telle que $U_e = I$, $U_{S^*} = U_S^*$ pour tout $S \in S$ et $\|U_S\| \leq r(A)^{1/2}$ pour toute $A \in \mathfrak{V}$ et $S \in A$.

THÉORÈME 5. — *Si* S *est abélien, pour tout* $\{H, U\}$ *appartenant à* $R(\mathfrak{U})$, *il existe sur* $T(\mathfrak{U})$, *une mesure spectrale régulière* E [9] *et une seule telle que quels que soient* $x, y \in H$ *et* $s \in S$

$$(U_S x \mid y) = \int_{A(\mathfrak{U})} \langle S, \varphi \rangle\, d(E(\varphi) x \mid y)$$

Un opérateur $T \in \mathcal{L}(H)$ *est permutable avec les* U_S *si et seulement si* T *est permutable avec* E.

7. L'introduction des ensembles $P(\mathfrak{U})$ a été suggérée par un article de Béla Sz. Nagy [10]. Les théorèmes 1-5 correspondent à des résultats classiques de la théorie des fonctions de type positif définies sur les groupes localement compacts [11]. Du théorème 4, on déduit certains résultats de T. Minoru [12] et (par un calcul simple) une extension du théorème de Haussdorf-Bernstein-Widder [13]. Pour un semi-groupe discret S, qui n'est pas partie d'un groupe, on peut encore définir les ensembles $P(\mathfrak{U})$ et obtenir des résultats analogues aux théorèmes 1 [10], 3, 4, 5.

(1) S est un semi-groupe pour la loi de composition induite par la loi de G.

(2) Une mesure ν est de base μ si $\nu = g.\mu$ où g est localement intégrable.

(3) f est μ-localement bornée si, pour toute partie compacte $K \subset S$, il existe une constante $c(K)$ telle que $\mu(\{x \mid |f(x)| > c(K)\} \cap K) = 0$.

(4) $\mathcal{L}(H)$ est l'algèbre involutive des opérateurs continus de H.

(5) On identifiera f, dans ce qui suit, avec la f. c. de $\{H, U_{f,S}, a_f\}$.

(6) Il s'agit de la topologie $\sigma(L'(S), L(S))$.

(7) Il y a des cas où les seules fonctions élémentaires sont les constantes.

(8) S est séparable si la topologie de S a une base dénombrable.

(9) P. Halmos, *Introduction to Hilbert spaces*, New York (1951).

(10) *Prolongements de transformations de l'espace de Hilbert qui sortent de l'espace*, Budapest (1955).

(11) R. Godement, *L'analyse harmonique dans les groupes non abéliens*. (*Colloques internationaux du C. N. R. S.*, *Analyse harmonique*, Paris, 1949.)

(12) *J. Okayama Univ.*, 5, 1956.

(13) G. W. Mackey, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 56, 1950; A. E. Nussbaum, *Duke Math. J.*, 22, 1955.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Structures presque hermitiennes au sens large*

Note (*) de M. **Gilles Legrand**, présentée par M. Joseph Pérès.

La notion de métrique hermitienne par rapport à une structure presque complexe peut être généralisée aux structures de presque-produit complexe. Nous définissons ainsi les structures presque hermitiennes au sens large, et nous en étudions quelques propriétés qui sont la généralisation exacte de celles du cas usuel.

1. Soit V_m une variété différentiable de classe C^∞, de dimension m; T_x^C désignera le complexifié de l'espace vectoriel tangent au point $x \in V_m$. Nous supposons V_m munie d'une structure de presque-produit complexe (brièvement : II-structure) définie en chaque point x par un opérateur linéaire $\mathcal{J}$ sur T_x^C de carré (λ^2 identité) (1). Une *métrique complexe* est définie sur V_m par la donnée d'un tenseur symétrique (g_{ij}) dont les composantes dans un système de coordonnées locales (x^i) sont des fonctions à valeurs complexes des x^i, de classe C^∞, à déterminant partout $\neq 0$. Nous dirons que la métrique est *hermitienne* par rapport à $\mathcal{J}$ si on a pour tout couple de vecteurs v, w de T_x^C

$$(1)\qquad (\mathcal{J}v, \mathcal{J}w) = -\lambda^2(v, w),$$

où (v, w) désigne le produit scalaire $g_{ij}v^i w^j$. S'il en est ainsi nous dirons que la II-structure et la métrique définissent sur V_m une *structure presque hermitienne au sens large*. En particulier si on part d'une structure presque complexe (l'opérateur $\mathcal{J}$ correspondant à $\lambda = i$ est réel) et d'une métrique (réelle) définie positive, on retrouve la notion habituelle de structure presque hermitienne (2).

Soit (F^i_j) le tenseur défini par $\mathcal{J}$: $(\mathcal{J}v)^i = F^i_j v^j$. (1) se traduit par

$$(2)\qquad F^k_i F^l_j g_{kl} = -\lambda^2 g_{ij},$$

d'où l'on déduit : $F_i^k g_{kj} + F_j^k g_{ki} = 0$. Si l'on pose $F_{ij} = F_i^k g_{kj}$, on voit que les (F_{ij}) sont les composantes d'une 2-forme extérieure complexe F partout de rang $2n$, que nous appelons la *forme fondamentale*. En introduisant la matrice (g^{ij}) inverse de (g_{ij}), on peut écrire

$$F_{ik} F_{jl} g^{kl} = -\lambda^2 g_{ij}. \tag{3}$$

Inversement s'il existe sur une variété différentiable V_m une 2-forme extérieure F et une métrique (g_{ij}) complexes, de classe C^∞, satisfaisant à la relation (3) où λ est une constante non nulle, on peut munir V_m d'une structure presque hermitienne au sens large dont F soit la forme fondamentale.

2. La relation (2) montre que, par rapport à des bases H-adaptées : $g_{\alpha\beta} = 0$, $g_{AB} = 0$. Si n_1 est différent de n_2, ceci est incompatible avec l'hypothèse dét. $g_{ij} \neq 0$. Nous supposerons donc dans la suite m pair : $m = 2n$, et $n_1 = n_2 = n$. Nous poserons $\alpha^* = \alpha + n$.

Étant donnée une base (e_α) de T_1, on peut construire une base (e_{α^*}) de T_2 telle que $(e_\alpha, e_{\alpha^*}) = 1$, $(e_\alpha, e_{\beta^*}) = 0$ si $\alpha \neq \beta$. Soit (θ^i) la cobase duale de la base (e_i) de T_x^c ainsi obtenue; la forme quadratique ds^2 associée à (g_{ij}) et la forme extérieure F s'expriment par

$$ds^2 = 2\sum_\alpha \theta^\alpha \theta^{\alpha^*}, \qquad F = \lambda \sum_\alpha \theta^\alpha \wedge \theta^{\alpha^*}. \tag{4}$$

Toute base par rapport à laquelle on a les relations (4) est dite *adaptée à la structure presque hermitienne* (brièvement : H-*adaptée*).

Soit $G(n, n)$ le sous-groupe de $GL(2n, C)$, isomorphe à $GL(n,C) \times GL(n,C)$, constitué par les matrices

$$\begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & B \end{pmatrix},$$

où $A \in GL(n, C)$, $B \in GL(n, C)$. L'ensemble $E_H(V_{2n})$ des bases H-adaptées relatives aux différents points de V_{2n} admet une structure naturelle d'espace fibré principal de base V_{2n} dont le groupe structural est le sous-groupe $\Gamma(n)$ de $G(n, n)$ constitué par les matrices du type précédent pour lesquelles $B = {}^tA^{-1}$. $\Gamma(n)$ est isomorphe à $GL(n, C)$.

Si V_{2n} est munie d'une structure presque hermitienne au sens ordinaire, on vérifie qu'il existe en chaque point des bases H-adaptées telles que e_α et e_{α^*} soient complexes conjugués. On retrouve ainsi les bases adaptées au sens de Lichnerowicz ([3]).

3. L'ensemble $E_c(V_{2n})$ [resp. $E_H(V_{2n})$] des bases [resp. bases H-adaptées] de T_x^c, aux différents points x de V_{2n}, admet une structure naturelle d'espace fibré principal de base V_{2n}, de groupe structural $GL(2n, C)$[resp. $G(n, n)$]. Nous appelons *connexion linéaire complexe*, resp. H-*connexion*, resp. H-*connexion*,

toute connexion infinitésimale sur $E_C(V_{2n})$, resp. $E_\Pi(V_{2n})$, resp. $E_H(V_{2n})$. On peut identifier les Π-connexions, resp. H-connexions, aux connexions linéaires complexes pour lesquelles la différentielle absolue du tenseur (F^i_j), resp. des tenseurs (F^i_j) et (g_{ij}), est nulle.

Donnons-nous une connexion linéaire complexe, définie relativement à des bases Π-adaptées par une matrice (ω^i_j) dont les éléments sont des formes de Pfaff complexes locales. Les formes $\pi^\alpha_\beta = \omega^\alpha_\beta$, $\pi^{\alpha^*}_{\beta^*} = \omega^{\alpha^*}_{\beta^*}$, $\pi^\alpha_{\beta^*} = 0$, $\pi^{\alpha^*}_\beta = 0$ définissent une Π-connexion; nous dirons qu'elle est *induite* par la connexion donnée. En particulier la connexion *riemannienne*, définie à partir du tenseur métrique (g_{ij}) par les mêmes formules que dans le cas réel, induit une Π-connexion, qui est euclidienne $(\nabla g_{ij} = 0)$, donc qui peut être identifiée à une H-connexion. Nous l'appelons *première connexion canonique* ou *connexion de Lichnerowicz*. Par rapport à des bases quelconques ses composantes sont

$$l_j{}^i{}_k = \gamma_j{}^i{}_k + \frac{1}{2\lambda^2} F^i_h \nabla_k F^h_j,$$

où les $(\gamma_j{}^i{}_k)$ sont les composantes de la connexion riemannienne, ∇_k désignant l'opérateur de dérivation covariante dans cette même connexion.

La *deuxième connexion canonique* ou *connexion de Chern-Libermann* peut être définie, comme pour les structures presque hermitiennes au sens ordinaire ([4]), par la propriété suivante : c'est une H-connexion dont la forme de torsion s'exprime, relativement à des bases Π-adaptées, par

$$\mathfrak{T}^\alpha = \frac{1}{2} b^\alpha_{\beta\gamma} \theta^\beta \wedge \theta^\gamma + T^\alpha, \qquad \mathfrak{T}^{\alpha^*} = \frac{1}{2} b^{\alpha^*}_{\beta^*\gamma^*} \theta^{\beta^*} \wedge \theta^{\gamma^*} + T^{\alpha^*},$$

où (T^α, T^{α^*}) est la forme de torsion de la Π-structure et $(b^\alpha_{\beta\gamma}, b^{\alpha^*}_{\beta^*\gamma^*})$ un tenseur antisymétrique. On trouve que les composantes de la connexion, relativement à des bases quelconques, sont

$$c_j{}^i{}_k = \gamma_j{}^i{}_k + \frac{1}{2\lambda^2} F^i_h \nabla_k F^h_j + \frac{1}{4\lambda^2} (F^i_h \nabla_j F^h_k + F^h_j \nabla_h F^i_k - F^i_h \nabla^h F_{jk} - F^h_k \nabla^i F_{jh}).$$

4. Les propriétés des groupes d'holonomie des connexions presque hermitiennes au sens de Lichnerowicz peuvent être généralisées aux H-connexions. En particulier le groupe d'holonomie homogène Ψ d'une H-connexion peut être identifié à un sous-groupe de $\Gamma(n)$. Inversement si V_{2n} est une variété différentiable munie d'une connexion linéaire complexe et s'il existe au point x une base z de T^c_x telle que le groupe d'holonomie Ψ_z soit sous-groupe de $\Gamma(n)$, on peut douer V_{2n} d'une structure presque hermitienne au sens large pour laquelle la connexion donnée soit une H-connexion.

Donnons-nous sur V_{2n} une H-connexion. Soit (Ω^i_j) sa forme de courbure. Si l'on prend des bases Π-adaptées, la 2-forme $\psi = \Omega^\alpha_\alpha$ est invariante par changement de base. ψ définit sur V_{2n} une 2-forme à valeurs complexes, fermée, dont la classe de cohomologie complexe est indépendante de la H-connexion.

On a aussi : $\psi = -\Omega_\alpha^\alpha$. Soit z une base H-adaptée, σ_z le groupe d'holonomie restreint de la connexion en z. Désignons par $S\Gamma(n)$ le sous-groupe des matrices de $\Gamma(n)$ telles que dét. A = 1. On peut énoncer (5)

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que σ_z soit sous-groupe de $S\Gamma(n)$ est que la forme ψ soit nulle en tout point.*

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 335. Nous en reprenons les notations : n_1 (resp. n_2) désigne la dimension du sous-espace T_1 (resp. T_2) de T_x^c engendré par les vecteurs propres associés à λ (resp. $-\lambda$); $\alpha, \ldots = 1, \ldots, n_1$; $A, \ldots = n_1+1, \ldots, m$; $i, \ldots = 1, \ldots, m$. Une base (e_i) de T_x^c, telle que $e_\alpha \in T_1$, $e_A \in T_2$, sera dite H-*adaptée*.

(2) *Cf.* A. Lichnerowicz, *Théorie globale des connexions et des groupes d'holonomie*, 1955, désigné par [L].

(3) [L], p. 213.

(4) [L], p. 243. *Voir* aussi P. Libermann, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 83, 1955, p. 212. Dans les *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1626, nous avons donné le nom de connexion de Chern-Libermann à une autre connexion, qui n'est pas en général une H-connexion, mais qui induit la deuxième connexion canonique et, dans le cas pseudo-hermitien, coïncide avec elle.

(5) Pour les structures presque hermitiennes au sens ordinaire, *cf.* [L], p. 261.

AERODYNAMIQUE. — *Sur la loi suivant laquelle une détente supersonique se propage vers l'amont le long d'une couche limite turbulente.* Note (*) de M. Gérard Gontier, transmise par M. Joseph Kampé de Fériet.

Pour un écoulement plan faiblement supersonique et une couche limite turbulente, la « longueur d'influence », par laquelle nous caractérisons ici la propagation amont d'une détente autour de l'arête d'un dièdre, est indépendante de la vitesse hors de la couche limite et proportionnelle à l'épaisseur de quantité de mouvement de la couche subsonique au droit de l'arête du dièdre.

A propos de la détermination expérimentale de la frontière transsonique (1), nous avons été amené à étudier comment une détente se propage vers l'amont le long d'une couche limite turbulente, quand l'écoulement hors de cette couche est faiblement supersonique. Nous cherchons ici à préciser suivant quelle loi s'effectue cette propagation.

Dans une tuyère à écoulement plan, le long d'une paroi rectiligne, nous réalisons une répartition donnée $M(x)$ du nombre de Mach à la frontière de la couche limite ou, ce qui revient au même, la répartition correspondante de la pression réduite $p(x)$, rapport de la pression à la pression génératrice.

Dans une deuxième expérience, nous produisons une détente à l'aide d'un chanfrein taillé vers l'aval dans la paroi rectiligne et nous mesurons la nouvelle répartition de pression réduite $p'(x)$; nous formons la différence $\Delta p = p - p'$. L'accent désigne les mesures relatives à l'expérience avec chanfrein ; l'origine des abscisses est à l'arête du chanfrein; l'axe Ox est orienté vers l'aval. En

écoulement non visqueux, on aurait $\Delta p = 0$ pour $x < 0$. En fait la détente se propage vers l'amont à cause de la portion subsonique de la couche limite : Δp commence à croître un peu en amont de l'arête du chanfrein. Soit Δp_m le maximum de Δp observé un peu en aval de l'arête; nous caractérisons l'influence vers l'amont de la détente par la longueur

$$L = \int_{-\infty}^{0} \frac{\Delta p}{\Delta p_m} dx \tag{1}$$

que nous appelons « longueur d'influence » : cette longueur peut être mesurée avec précision et conduit à une loi simple du phénomène recherché.

Nous supposons que la température d'arrêt est constante dans la couche limite et hors de la couche limite ([2]); la célérité critique du son est alors une constante partout dans le fluide. Nous désignons par vitesse réduite v le rapport de la vitesse du fluide à la célérité critique du son.

La pression réduite $p'(x)$ et le champ de la vitesse réduite v' sont déterminés par l'angle d'inclinaison θ du chanfrein, par la répartition $M(x)$ et par le profil de vitesse réduite obtenu, quand la paroi est sans chanfrein, dans une section particulière d'abscisse x_0,

$$v = f(y, x_0) : \tag{2}$$

v est la vitesse à la distance y de la paroi. Nous introduisons deux hypothèses qui permettent de remplacer les fonctions $M(x)$ et $f(y, x_0)$ par deux grandeurs indépendantes de x et de y. Nous supposons d'abord que la répartition $M(x)$ est, *pour la tuyère envisagée*, déterminée à partir du nombre de Mach et du profil de vitesse (2) dans la section $x = x_0$: nous choisissons $x_0 = 0$. D'après nos essais antérieurs ([3]), nous admettons ensuite que la fonction g dans le profil de vitesse

$$\frac{v}{V} = g\left(\frac{y}{\Delta}\right) \tag{3}$$

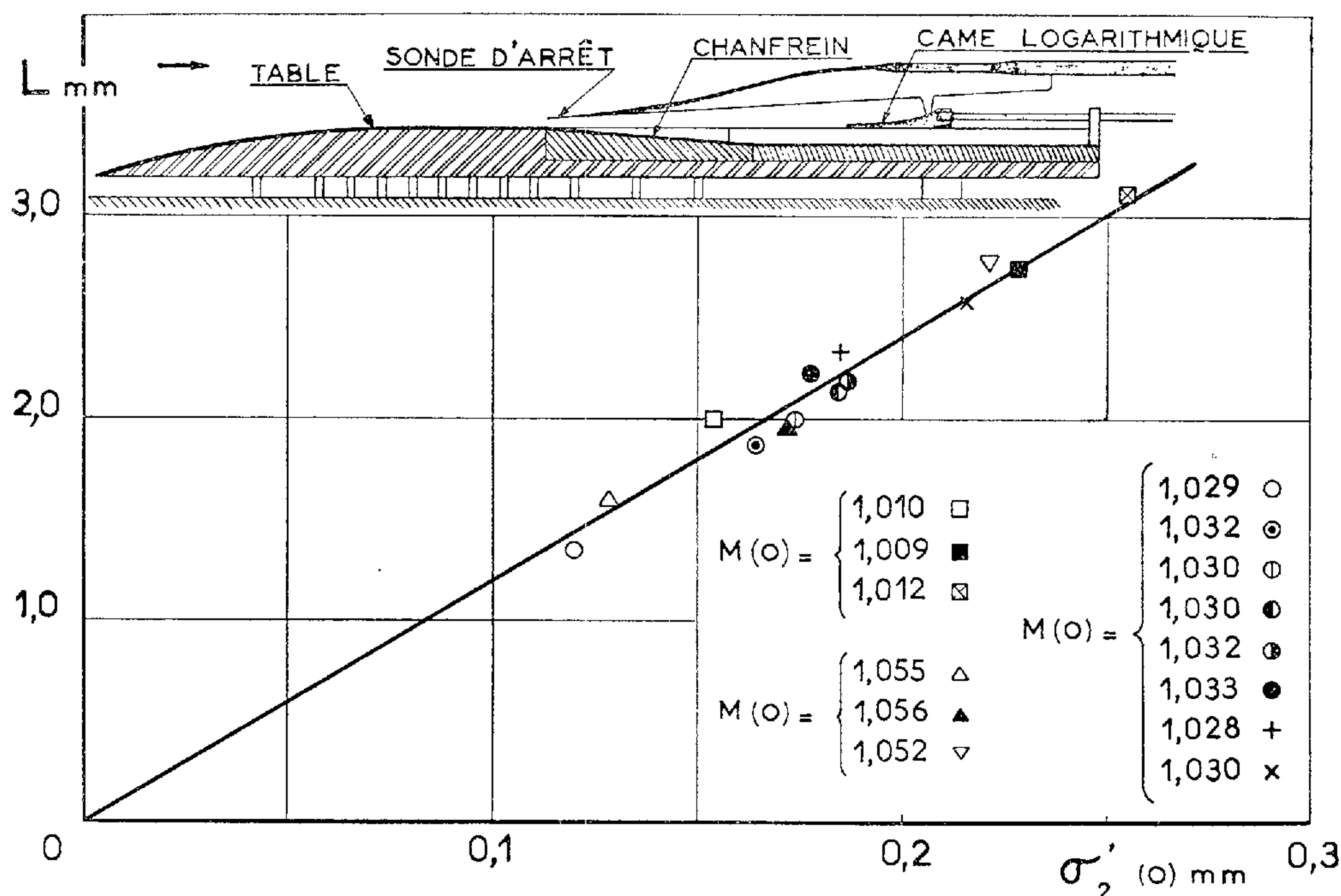
reste toujours la même pour un gradient relativement faible de $M(x)$: V est la vitesse réduite à la frontière de la couche limite et Δ est une valeur particulière de y prise comme distance de référence. Dans ces conditions, la longueur d'influence L est, pour un angle θ donné, une fonction du nombre de Mach $M(0)$ et de la distance de référence $\Delta(0)$ dans la section $x = 0$.

Comme la propagation de la détente s'effectue dans la portion subsonique de la couche limite au voisinage de l'arête du chanfrein, nous avons pensé qu'il était préférable de substituer à $\Delta(0)$ une longueur caractérisant cette couche subsonique, par exemple son épaisseur $\sigma'(0)$, fonction de $M(0)$ et de $\Delta(0)$. En fait, l'expérience a montré qu'on obtenait des résultats plus simples et moins dispersés en introduisant l'épaisseur de quantité de mouvement $\sigma'_2(0)$ de la couche subsonique. L'analyse dimensionnelle permet

d'écrire la relation entre L, M(o) et $\sigma'_2(\text{o})$ sous la forme

$$\frac{\text{L}}{\sigma'_2(\text{o})} = h[\text{M}(\text{o})]. \tag{4}$$

Pour un nombre de Mach M(o) compris entre 1 et 1,06 et pour une épaisseur $\sigma'_2(\text{o})$ variant de 0,12 mm à 0,26 mm, l'expérience a montré que la longueur d'influence est indépendante de M(o); elle est simplement proportionnelle à $\sigma'_2(\text{o})$. Avec un chanfrein de 4 degrés, nous avons obtenu un coefficient de proportionnalité sensiblement égal à 12.



La paroi rectiligne le long de laquelle nous avons exploré l'écoulement était la face supérieure d'une table disposée dans la veine d'essais d'une soufflerie sonique ([4]). A l'arrière de cette table était taillé un évidement dont le début était en forme de chanfrein; à l'aide d'une pièce rapportée sur la table, on pouvait à volonté supprimer le chanfrein, c'est-à-dire supprimer la détente. Nous faisions varier l'épaisseur de la couche limite en collant transversalement des petits cylindres de différents diamètres sur le nez semi-ogival de la table ou en supprimant l'espace libre ménagé entre la table et la paroi de la veine d'essais. Nous avons réalisé trois répartitions différentes du nombre de Mach $\text{M}(x)$, voisines de celle précédemment utilisée au cours de notre étude sur la frontière transsonique ([1]), ([5]) : pour chacune de ces répartitions, M croissait un peu vers l'aval d'une façon sensiblement linéaire.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) G. Gontier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 403.

(2) G. Gontier et A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1352.

(3) G. Gontier et A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 966.

(4) G. Gontier, *La Recherche Aéronautique*, 10, 1949, p. 3.

(5) G. Gontier, *La Recherche Aéronautique*, 31, 1953, p. 13.

HYDRAULIQUE. — *Influence de la capillarité sur l'écoulement de filtration en régime permanent à travers les digues en terre.* Note (*) de M. **Gabriel Matta**, transmise par M. Léopold Escande.

A partir de mesures expérimentales sur un modèle réduit, nous avons tracé le réseau d'écoulement à travers une digue verticale : Aucune précaution spéciale n'étant prise en vue d'éliminer l'influence de la capillarité (*fig.* 1).

La hauteur moyenne h_c de la frange capillaire, considérée comme la projection verticale des portions des équipotentielles comprises entre la surface libre et la ligne équipression $\varphi = Z$, est égale à 26 mm pour une retenue aval $h_2 = 0$ et après un certain temps d'écoulement bien déterminé. Avec le même massif de granulométrie et de porosité constantes, avec une même charge amont h_1, et pour le même degré de saturation du sable, nous avons fait varier h_2 et déterminé les valeurs correspondantes de h_c après la même durée d'écoulement. Ces valeurs augmentent avec h_2, comme le montre le tableau I.

Nous avons comparé le réseau d'écoulement théorique tracé sans tenir compte des phénomènes capillaires à celui de la figure 1 et constaté des changements très nets au voisinage de la surface libre. En particulier la ligne qui serait une ligne de courant si la frange capillaire n'existait pas, est ici coupée par le filet coloré supérieur. La partie de la digue située entre ce filet coloré et la ligne $\varphi = Z$ est le siège d'un écoulement nettement moins rapide que celui qui a lieu au-dessous de la ligne de pression atmosphérique.

La figure 2 donne la répartition des vitesses le long du parement amont pour trois valeurs de h_c.

La section d'écoulement dans la frange capillaire est une fraction A de la remontée capillaire totale h_c et varie avec cette dernière (*fig.* 3).

Le tracé du réseau à partir de la méthode théorique de relaxation, en tenant compte de la capillarité, montre que la forme de la ligne $\varphi = Z$ reproduit beaucoup mieux celle de la surface libre. En particulier, contrairement à ce que laisse croire le tracé obtenu à partir des potentiels expérimentaux, la ligne $\varphi = Z$ présente sa concavité vers le haut près de la paroi aval.

D'autre part, l'eau ne commence à suinter à l'aval qu'à partir d'un point D' situé au-dessous de D, intersection de $\varphi = Z$ avec le parement aval (*fig.* 1 et 4). Cela résulte du fait que la tension superficielle crée une contre-pression h'

dirigée vers l'intérieur empêchant ainsi l'eau de sortir de la digue : lorsque la pression intérieure devient supérieure à cette contre-pression, l'eau commence à suinter.

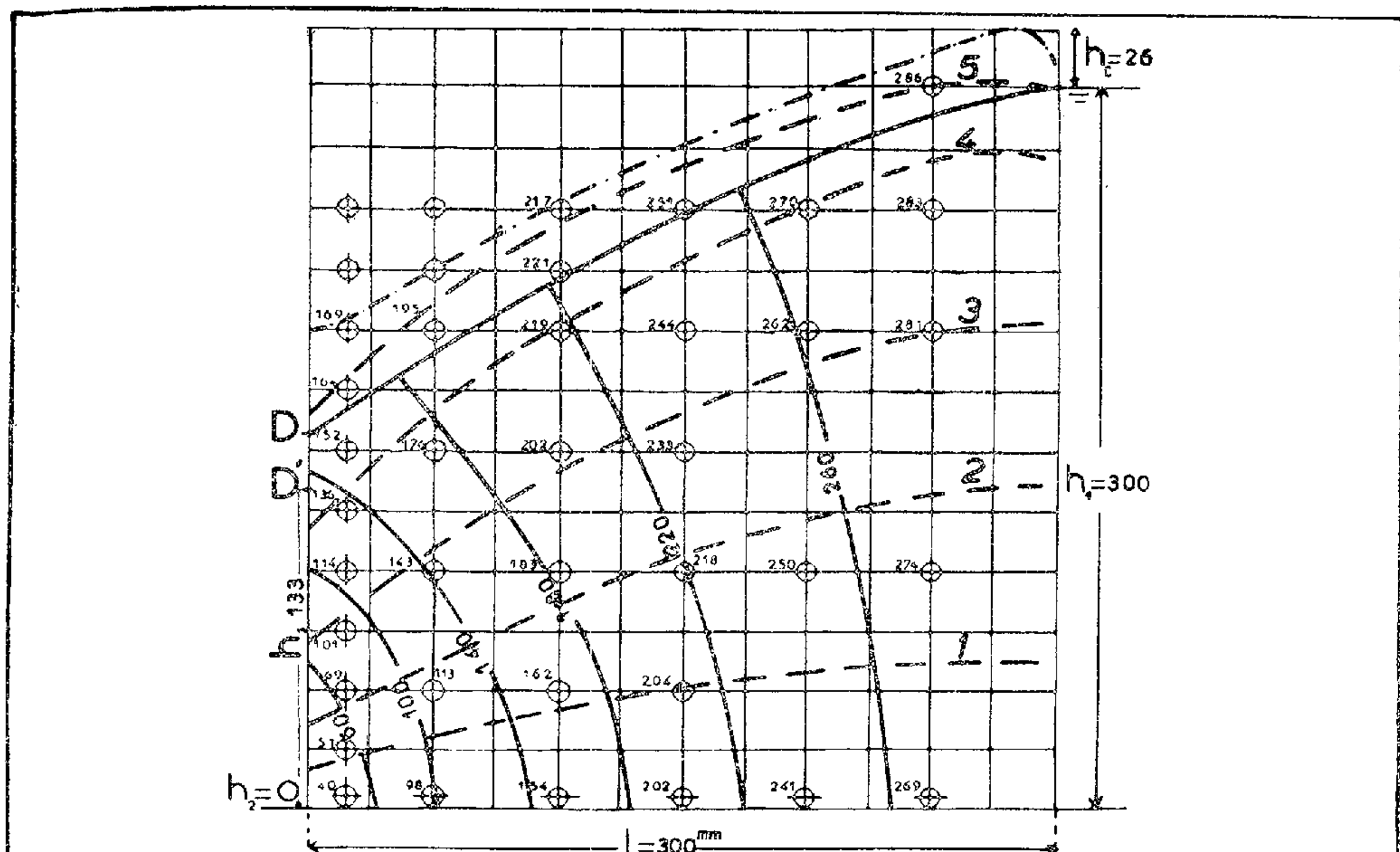
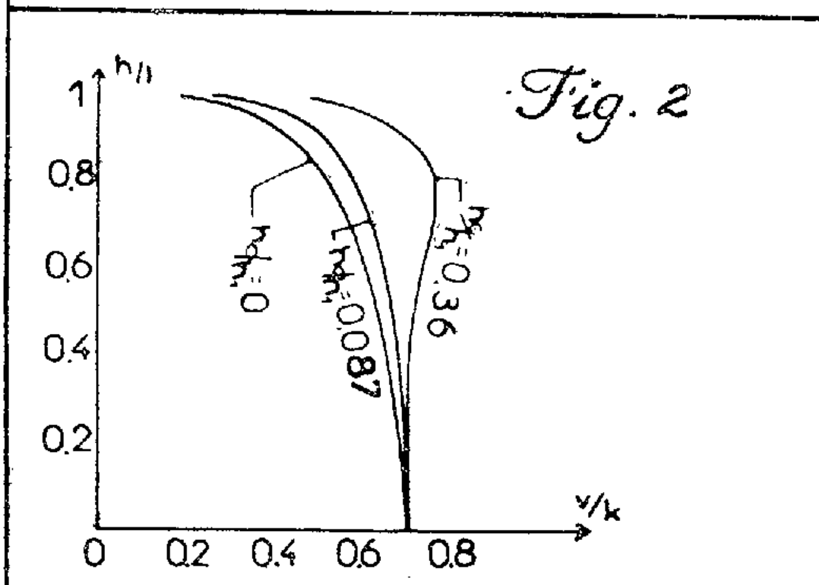
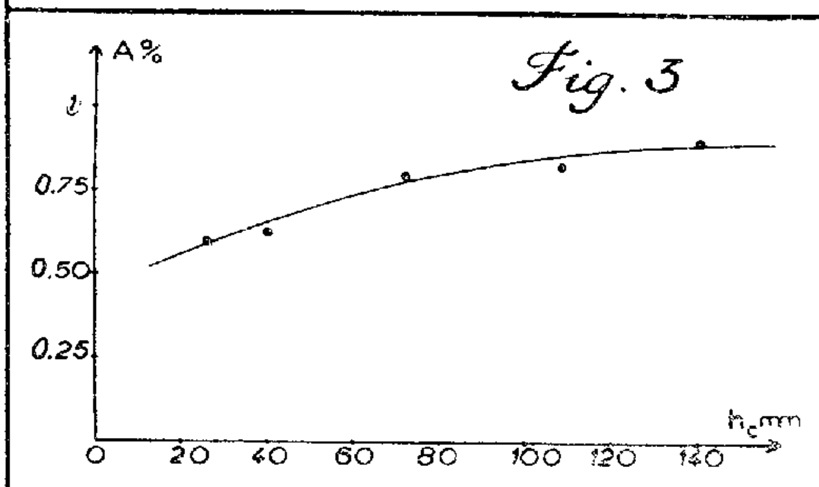
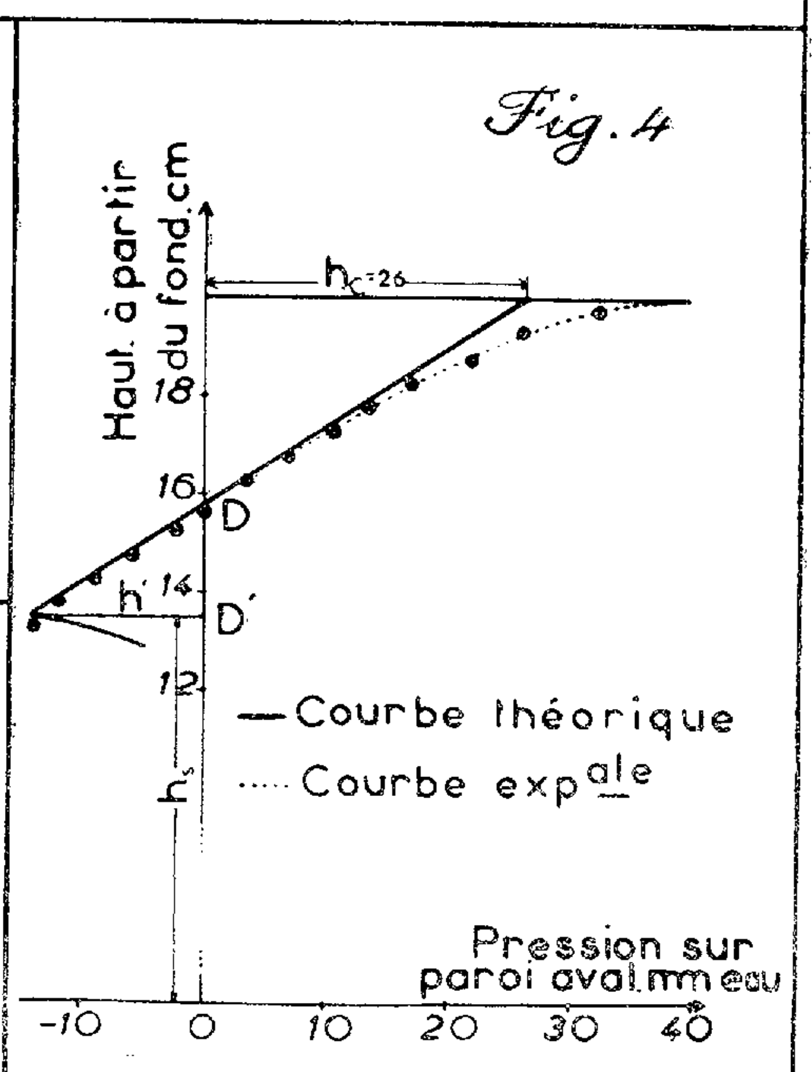


Fig. 1 — Les dimensions sont en mm.
⊕ prises de pression —— équipotentielles et ligne φ=Z
—·—·—· surface libre - - - - lignes de courant







La figure 4 donne la répartition des pressions sur la paroi aval. La ligne théorique suppose une saturation uniforme de 100 % sur toute la hauteur de la frange. Nous en tirons h' et, la hauteur de suintement h_S. Au-dessous de D′, la contre-pression h' tend à s'annuler et la condition $\varphi = Z$ n'est plus rigoureusement vérifiée.

Débit capillaire. — Le tableau I montre que le débit calculé est toujours inférieur à celui que donne l'expérience. Cette divergence qui varie de 4 à 6 % est due au fait que la formule théorique $Q/kh_1 = (h_1/2l)[1 - (h_2/h_1)^2]$ ne tient pas compte du débit apporté par la frange capillaire.

TABLEAU I.

h_1	h_2	h_C	h_s (mm)		$Q_{20°}$ cm³/s		$\frac{Q_m - Q_{cal}}{Q_{cal}}$	$\frac{Q_C}{Q} = \frac{0,6 V_C h_C}{\Sigma V_i h_i}$	$\frac{0,6 h_C}{h_1}$
(mm).	(mm).	(mm).	calc.	mes.	calc.	mes.	(%).	(%).	(%).
300	180	32	8	8	140,71	150,6	6,8	5,6	6,4
–	150	31	20	21	164,90	175,1	6,0	5,5	6,2
–	120	29	24	34	184,68	195,5	5,7	5,2	5,8
–	60	27	75	72	211,07	221,6	5,0	4,9	5,5
–	0	26	135	133	219,86	229,3	4,3	4,2	5,2

La mesure des vitesses de filets colorés nous permet également d'évaluer l'importance de ce débit. Pour cela, nous avons découpé la masse suivant cinq canaux élémentaires entourant les filets colorés et mesuré la durée de parcours d'une paroi du massif à l'autre le long de chacun de ces cinq filets : soit V_i la vitesse horizontale moyenne ainsi obtenue pour le filet i et h_i la hauteur du canal correspondant à son départ de la paroi amont, soient V_C et h_C les mêmes éléments relatifs au filet coloré n° 5 (*fig.* 1) situé dans la couche capillaire. On a, en retenant une hauteur utile de 0,6 h_C pour le canal capillaire n° 5 :

$$\frac{Q_C}{Q} = \frac{0,6 h_C V_C}{\Sigma_1^4 h_i V_i},$$

en appelant Q_C le débit de la frange capillaire et Q le débit d'infiltration en l'absence de capillarité.

Si la vitesse était uniforme sur toute la hauteur de la digue, on aurait

$$\frac{Q_C}{Q} = \frac{0,6 h_C}{h_1}.$$

(*) Séance du 29 octobre 1956.

ASTROPHYSIQUE. — *Mesures photoélectriques de l'excès de couleur de sept nébuleuses diffusantes par rapport aux étoiles qui les éclairent.* Note de Mme **Marie-Thérèse Martel**, présentée par M. André Danjon.

Quatre des nébuleuses étudiées sont un peu plus bleues que les étoiles associées. Les trois autres, étroitement groupées, dans une région d'émission du Sagittaire, sont franchement plus rouges. A l'intérieur d'une même nébuleuse, l'excès de couleur augmente avec la distance à l'étoile.

Des mesures colorimétriques, faites par photographie et souvent peu précises, ont montré que la couleur des nébuleuses diffusantes diffère généralement peu de celle des étoiles qui les éclairent (1).

J'ai déterminé les indices de couleur dans diverses régions de sept nébuleuses, en même temps que ceux des étoiles associées, au moyen d'un photomètre photoélectrique monté au foyer Cassegrain du télescope de 81 cm de l'Observatoire de Haute-Provence. Il est muni d'un photomultiplicateur à 19 étages de Lallemand. Un diaphragme, placé dans le plan focal du télescope, permet d'isoler une aire de 34″ de diamètre. Les mesures portent sur deux régions spectrales, limitées par des filtres colorés :

Schott BG 12 et GG 13 associés pour le bleu,
Schott OG 4 pour le jaune.

Les mesures sur la nébuleuse et l'étoile, corrigées chaque fois de la brillance du ciel nocturne superposée, étaient effectuées alternativement de façon à éliminer toute influence de variations d'absorption atmosphérique au cours des observations.

La principale difficulté des mesures tient au fait qu'il faut comparer les indices de couleur de deux sources d'éclats très différents, la nébuleuse et l'étoile associée. Aussi j'ai dû affaiblir la lumière des étoiles plus brillantes que la magnitude visuelle 9,0, au moyen d'un écran absorbant (filtre Wratten «neutre» de densité optique 1,5) disposé devant les filtres colorés. Les indices de couleur de ces étoiles, mesurés dans ces conditions, ont subi une correction due au défaut de neutralité de cet écran, évaluée à partir des mesures directes d'étoiles plus faibles.

Le tableau ci-après donne, en magnitudes, l'excès de couleur de chaque région nébulaire observée par rapport à l'étoile, en fonction de sa distance à l'étoile et de sa direction par rapport à celle-ci ; l'excès de couleur E étant défini comme la différence des indices de couleur de la région nébulaire et de l'étoile.

On remarque que les excès de couleur de IC 4601 *a* sont déterminés pour chacune des deux étoiles excitatrices, que leur distance de 47″ permet d'étudier

isolément, tandis que pour IC 4601 *b* et IC 1287 dont les étoiles sont distantes de 13″ et 12″, donc impossibles à séparer avec le dispositif utilisé, l'excès de couleur est rapporté à l'ensemble des deux composantes stellaires.

Excès de couleur E.

Nébuleuses.	Etoiles.	Distance à l'étoile dans la direction											
		Nord.			Est.			Sud.			Ouest.		
		0′,4.	0′,8.	1′,7.	0′,4.	0′,8.	1′,7.	0′,4.	0′,8.	1′,7.	0′,4.	0′,8.	1′,7.
IC 4 601 *a*	HD 147 009.......	–	–	+0,02	–	–	–0,48	–	–	–0,07	–	–	–0,08
	HD 147 010.......	–	–	+0,13	–	–	–0,37	–	–	+0,04	–	–	+0,03
IC 4 601 *b*	HD 147 103 A..... / HD 147 103 B.....	–	–0,14	0,00	–	–0,07	–0,03	–	–0,23	–0,16	–	–0,30	–0,04
NGC 6 580	BD–19° 4 940.....	–	+0,55	–	+0,44	+0,58	–	+0,30	+0,50	–	+0,59	+0,67	–
NGC 6 590	BD–19° 4 946.....	+0,18	–	–	+0,27	–	–	+0,23	–	–	+0,39	–	–
IC 1 284	HD 167 815.......	+0,59	–	–	+0,95	–	–	–	+0,82	–	–	+0,42	–
IC 1 287	HD 170 740 A .... / HD 170 740 B.....	–	–0,22	+0,06	–	–	0,00	–	–	–0,07	–	–0,19	+0,06
NGC 7 023	HD 200 775.......	–	–0,01	–	–	–0,41	–0,34	–	–0,28	–	–	–0,07	–0,34

L'examen des résultats groupés dans le tableau ci-dessus conduit aux conclusions suivantes :

1° Certaines nébuleuses ont une couleur peu différente de celle des étoiles associées ($E < 0,10$) ou sont nettement plus bleues (IC 4601 *a* et *b*, IC 1287, NGC 7023).

2° Par contre, les trois nébuleuses appartenant au petit nuage du Sagittaire (NGC 6589, NGC 6590 et IC 1284) apparaissent, dans toutes les plages étudiées, bien plus rouges que leur étoile. Ce résultat provient sans doute du fait que, pour la radiation H_α émise par l'ensemble de la nébulosité ([2]), la sensibilité du récepteur bien qu'assez faible est loin d'être négligeable.

3° Pour toutes les nébuleuses, étudiées en plusieurs points suivant une même direction, l'excès de couleur augmente avec la distance à l'étoile; ce résultat confirme donc ceux obtenus par C. Schalén ([3]) et P. C. Keenan ([4]).

Seule la direction W de NGC 7023 semble faire exception : en fait, la région située à 0′,8 W de l'étoile HD 200 775 contient une étoile faible dont la lumière perturbe la mesure de l'excès de couleur.

([1]) Travaux cités par J. Dufay, *Nébuleuses galactiques et matière interstellaire*, p. 271 et 272.

([2]) B. J. Bok, M. J. Bester et C. M. Wade, *Astronomical Journal*, 58, 1953, p. 36; Colin S. Gum, *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 77, 1955, p. 161 et 166.

([3]) *Harvard Monographs*, n° 7, 1948, p. 11.

([4]) *Astrophysical Journal*, 84, 1936, p. 600.

MAGNÉTISME. — *Influence d'un champ magnétique sur la résistance électrique des lames minces de nickel.* Note (*) de Mme **Thérèse Rappeneau**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a étudié à la température ambiante l'influence d'un champ magnétique sur la résistance électrique de lames minces de nickel évaporées. La résistance diminue si l'aimantation est perpendiculaire au courant et augmente lorsque l'aimantation est parallèle au courant, les variations de résistance présentant de l'hystérésis dans les champs faibles. Dans les champs élevés, la résistance décroît faiblement dans les deux cas.

Les lames minces de nickel (1) présentent, comme le nickel à l'état massif (2), des variations de résistance sous l'influence d'un champ magnétique.

On a étudié à la température ambiante des lames de nickel préparées par évaporation thermique, en les soumettant à des champs moyens (de 0 à 500 Oe) et plus élevés (1 000 à 6 000 Oe). Le dispositif réalisé a l'avantage de permettre l'étude des lames sous vide :

— un électroaimant produit un champ magnétique à l'intérieur de la cloche de l'évaporateur;

— un four électrique à résistance sert au recuit des lames jusqu'à une température supérieure au point de Curie;

— les résistances des lames sont mesurées par la méthode du pont de Wheatstone. Un galvanomètre très sensible aux tensions permet de mesurer des variations relatives de résistance égales à 10^{-5}.

Les mesures effectuées montrent que, au-dessus d'une certaine épaisseur correspondant à une résistivité superficielle d'une centaine d'ohms (3), les lames de nickel évaporées sont ferromagnétiques. Le ferromagnétisme existe dès leur formation, avant recuit. Il semble donc que leur structure soit différente de celle des lames obtenues par projection cathodique (4).

Au cours des mesures effectuées jusqu'ici, les lames étaient placées dans un champ magnétique parallèle à leur plan, dirigé soit perpendiculairement (aimantation transversale), soit parallèlement (aimantation longitudinale) au courant électrique. L'allure des courbes de variation de la résistance en fonction du champ magnétique est la même pour les lames minces que pour le métal massif. Dans le cas de l'aimantation longitudinale on observe une augmentation rapide de la résistance ($\Delta R/R > 0$), puis, au-delà de 1000 Oe environ, la résistance cesse de croître pour diminuer faiblement. L'aimantation transversale s'accompagne d'une diminution rapide de la résistance ($\Delta R/R < 0$) suivie, comme dans le cas de l'aimantation longitudinale, d'une décroissance lente.

1. *Étude des lames entre* 0 *et* 500 Oe. — Les mesures faites dans ce domaine de champs magnétiques présentent un intérêt particulier. En effet, il est bien

connu que les variations de résistance observées lors de l'aimantation d'un corps ferromagnétique sont liées aux processus d'aimantation. En conséquence, les courbes reliant la variation de la résistance au champ magnétique forment des cycles d'hystérésis caractéristiques de chaque lame et fonction des traitements subis (température du support au cours de l'évaporation, recuits, vieillissement).

Ce type de mesures a été fait jusqu'ici à l'air, sur des lames recuites et stabilisées. Les cycles obtenus sont reproductibles. Seules les lames suffisamment épaisses (résistivité superficielle $R_s \leq 100\,\Omega$) ont pu être étudiées, les autres ne présentant pas, à la température ordinaire, de variation de résistance décelable ($\Delta R/R < 10^{-5}$).

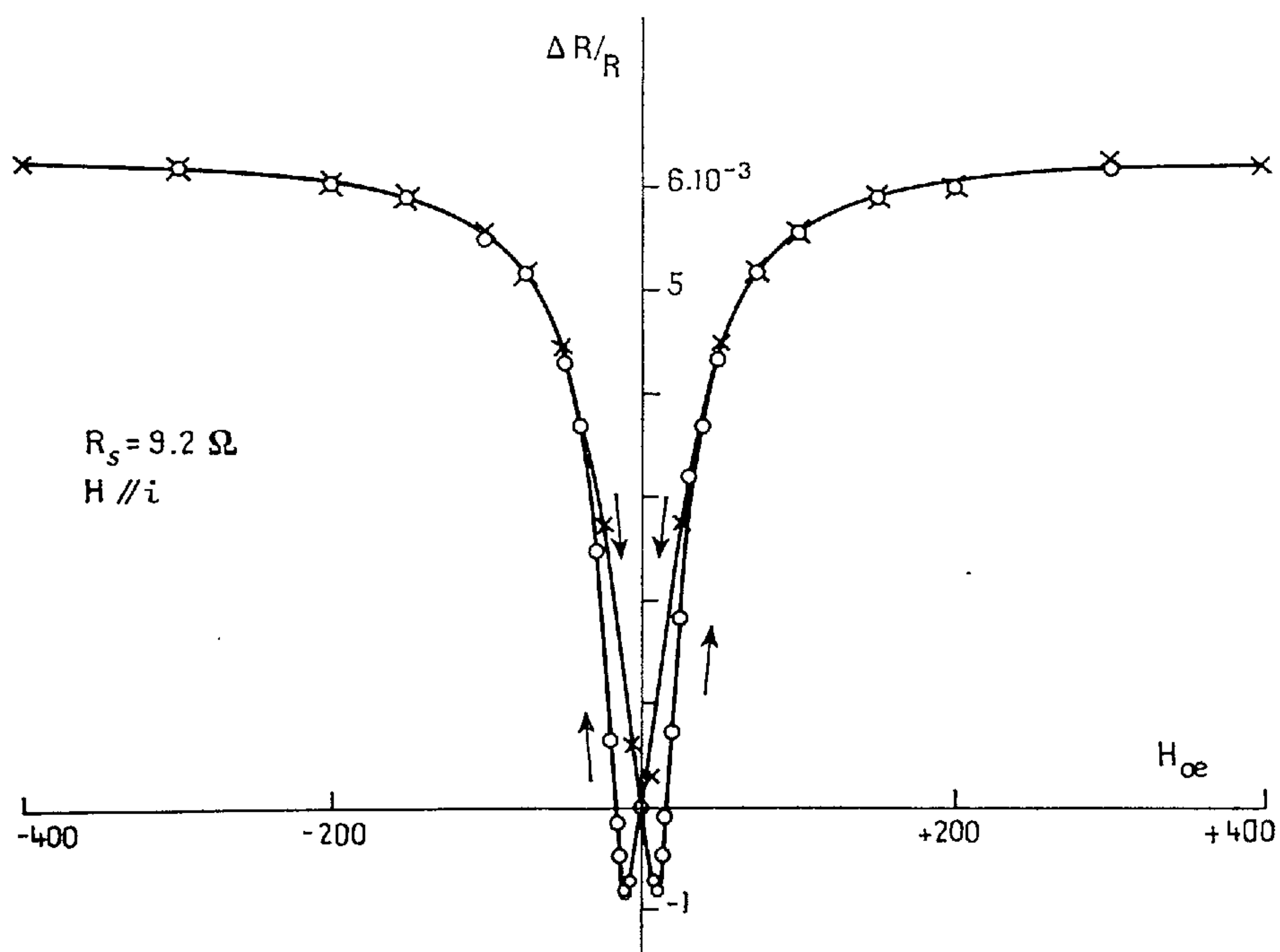


Fig. 1.

Dans le cas de l'aimantation longitudinale les cycles ont l'aspect de la figure 1. Si l'on fait croître le champ magnétique, la résistance diminue ($\Delta R/R < 0$) et passe par un minimum pour un champ H_0 ; ensuite, elle augmente rapidement puis de plus en plus lentement ($\Delta R/R > 0$). Lorsque le champ décroît, la résistance décroît également et reprend sa valeur initiale pour $H = 0$. La branche de courbe obtenue en inversant le sens de H est symétrique de la première. Les variations de résistance par aimantation transversale (*fig.* 2) se produisent en sens inverse.

Les résultats obtenus sur une douzaine de lames dont les résistivités

superficielles varient de 3 à 75 Ω ont été comparés. Ils apparaissent caractéristiques de chaque lame et, pour une même lame, sont différents suivant que

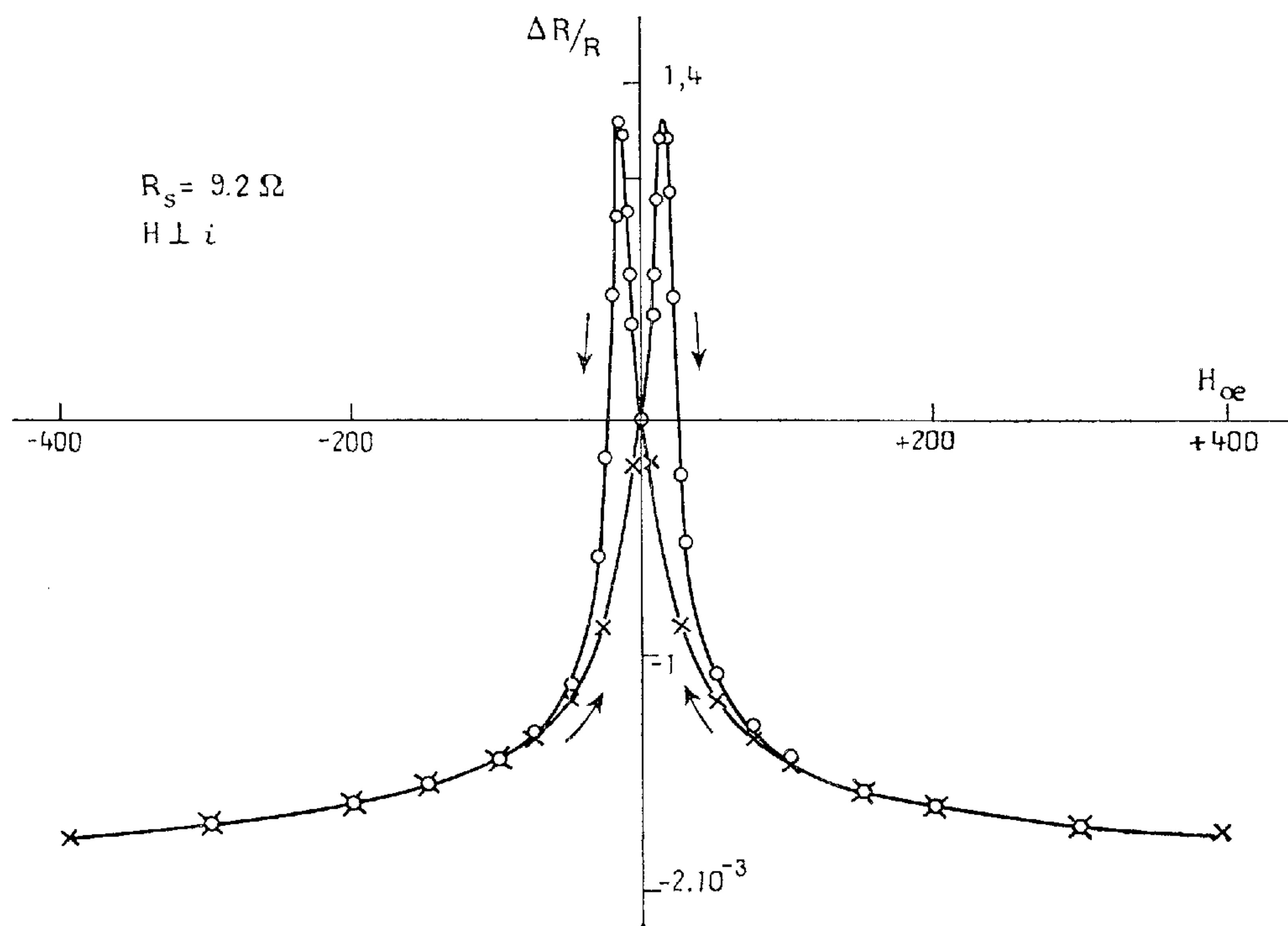


Fig. 2.

l'effet est longitudinal ou transversal. Toutes les valeurs maxima de ΔR/R sont inférieures à celles du métal massif. La valeur maximum obtenue est 18.10^{-3} pour une lame de résistivité superficielle égale à 4 Ω.

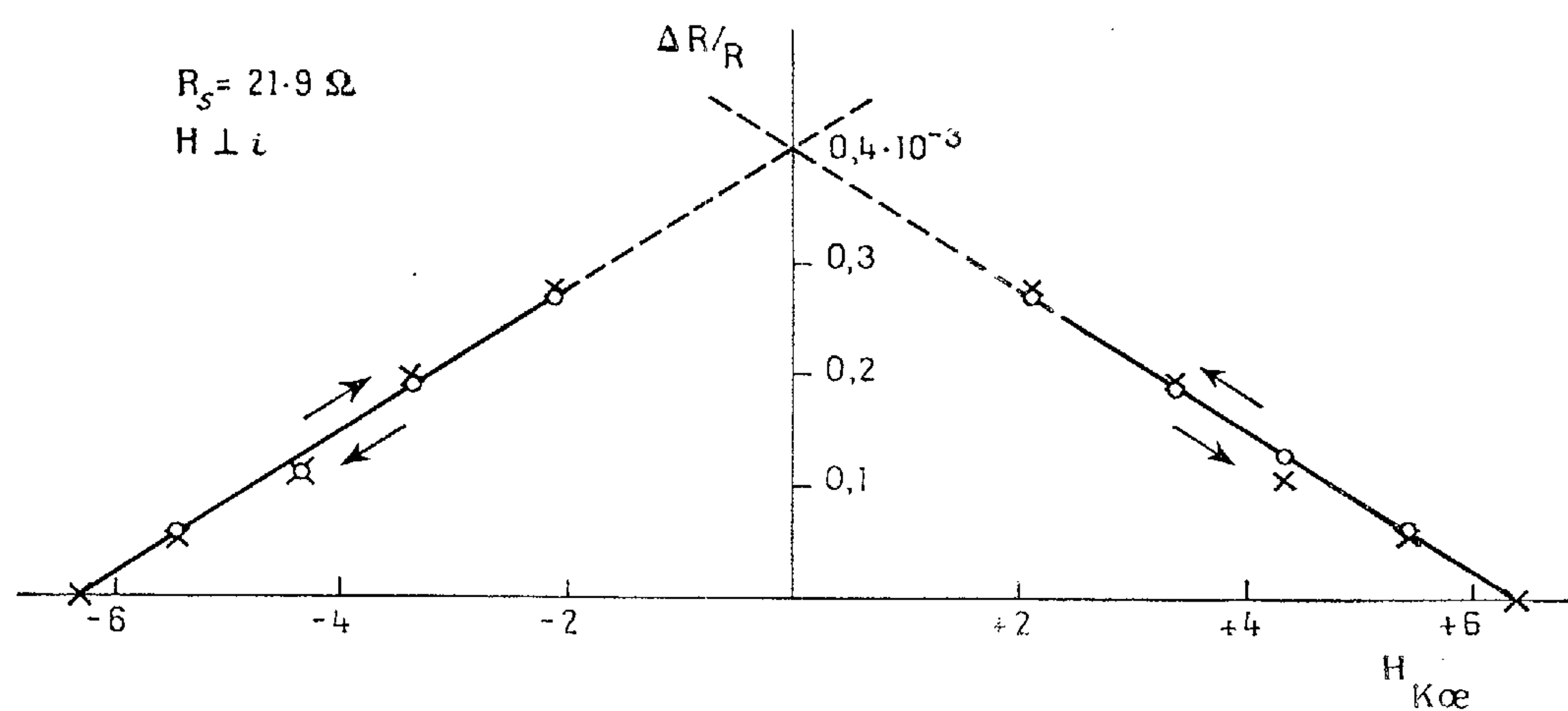


Fig. 3.

2. *Étude des lames entre* 1 000 *et* 6 000 Oe. — Les variations de résistance sont toujours négatives et très faibles. Dans ce domaine de champs, on observe une proportionnalité entre les variations du champ, ΔH, et de la résistance, ΔR (*fig.* 3). Pour chaque lame étudiée (R_s compris entre 3 et 200 Ω) on a déterminé le coefficient de proportionnalité (1/R)(ΔR/ΔH). Les valeurs extrêmes obtenues sont $-0{,}066.10^{-7}$ pour une lame de résistivité superficielle 181 Ω et $-1{,}26.10^{-7}$ pour une lame de 3,03 Ω.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) A. Van Itterbeek, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 241.

(2) E. Englert, *Ann. Phys.*, 14, 1932, p. 589.

(3) Nous rappelons que la résistivité superficielle est la résistance d'une couche carrée de 1 cm × 1 cm, soit $R_s = \rho/e$, e étant l'épaisseur de la lame.

(4) A. Colombani, *Ann. Phys.*, 19, 1944, p. 272; 20, 1945, p. 335.

ÉLECTRONIQUE. — *Réalisation d'un fréquencemètre électronique de haute sensibilité à lecture directe.* Note (*) de MM. **Jean Lagasse**, **Robert Lacoste** et **Jean Prades**, transmise par M. Charles Camichel.

Deux des auteurs avaient déjà mis au point un fréquencemètre à résonance (1) susceptible de mesurer les fréquences comprises entre 47 et 51 Hz. Le nouvel appareil expérimental, basé sur un principe différent, constitue une amélioration sensible du précédent.

Le principe de l'appareil réside dans la mesure de la fréquence des battements qui sont provoqués entre un multiple de la fréquence à mesurer et un sous-multiple de la fréquence d'un oscillateur de référence.

Ce dernier est constitué par un oscillateur piloté par un cristal de quartz permettant ainsi d'assurer à l'appareil un maximum de fidélité.

D'autre part, cette méthode différentielle nous a permis d'obtenir la grande sensibilité qu'exigeait la détection des faibles écarts de fréquence de la tension du Réseau Général de transport et de distribution d'énergie électrique.

Le tableau ci-dessous fait apparaître les variations de la fréquence des battements pour toute l'étendue de la bande de fréquence intéressante, soit de 47 à 51 Hz.

Oscillateur : 17 500 Hz.

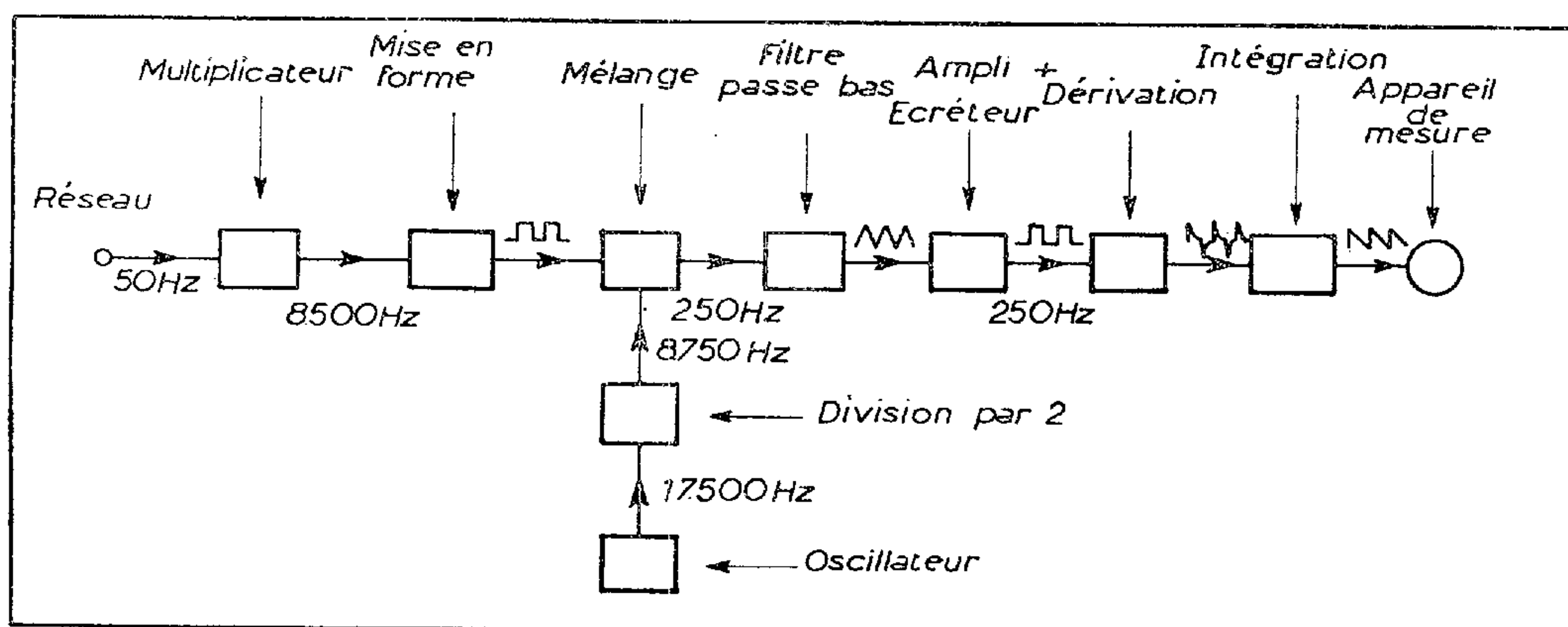
Fréquence réseau.	Fréquence réseau multipliée par 170.	Fréquence oscillateur divisée par 2.	Fréquence battements.
47	7 990	8 750	760
50	8 500	»	250
51	8 670	»	80

La fréquence des battements présente donc une forte variation relative; elle peut être mesurée par la méthode suivante : les battements sont transformés en impulsions qui chargent à travers une diode un condensateur que l'on décharge à travers une résistance; nous obtenons ainsi une tension en dents de scie dont la valeur moyenne mesurée par un galvanomètre est sensiblement proportionnelle à la fréquence des battements.

Remarquons que la précision de l'appareil ne dépend que de l'étage de sortie car les étages antérieurs, quelle que soit leur complexité, n'affectent jamais la fréquence des signaux. Par suite, si la précision de l'étage de sortie atteint 1 %, l'erreur absolue de mesure sur la fréquence du réseau ne dépassera pas 4/100e de période.

La figure 1 donne le schéma de l'appareil qui a été réalisé.

La multiplication de la fréquence du réseau est effectuée par un procédé photoélectrique : un faisceau lumineux éclaire une cellule photoélectrique



à travers un disque percé de fentes radiales et entraîné par un moteur synchrone bipolaire. La cellule délivre une tension périodique qui est mise en forme grâce à un « trigger » de Schmidt et envoyée à l'étage mélangeur. Ce dernier est formé d'un tube pentagrille sur la plaque duquel apparaissent les signaux complexes constituant les battements. Ces signaux sont filtrés et amplifiés fortement, écrétés puis dérivés de manière à obtenir des impulsions qui sont ensuite transformées en dents de scie comme nous l'avons décrit plus haut.

L'appareil a été étalonné en injectant à la sortie de l'étage mélangeur des signaux de fréquence rigoureusement connue.

Le fréquencemètre ainsi réalisé doit donc permettre de suivre avec une précision de l'ordre de ± 0,02 Hz les variations de la fréquence du secteur entre 47 et 51 Hz.

Son principe peut d'ailleurs être très facilement étendu à d'autres

gammes de fréquences, donnant ainsi leur solution à un certain nombre de problèmes de Laboratoire.

Ajoutons que la constante de temps de cet appareil à lecture continue est tout à fait négligeable; cette qualité, jointe à la parfaite linéarité de la réponse permet un enregistrement sur large bande et le rend particulièrement utile au contrôle des mouvements d'énergie sur les réseaux de transport.

(*) Séance du 29 octobre 1956.
(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 421.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Nouvelle méthode de préparation de films métalliques minces en microscopie électronique.* Note de MM. **Noboru Takahashi** et **Kenji Kazato**, présentée par M. Gaston Dupouy.

On a mis au point une nouvelle méthode de préparation de films métalliques minces en microscopie électronique, ce qui permet d'obtenir à la fois le diagramme de diffraction et l'image microscopique d'une région choisie de l'objet. On donne quelques exemples obtenus avec les alliages Sn—Pb, Al—Ag, Al—Zn, etc.

De minces films métalliques ont été jusqu'ici préparés soit par évaporation dans le vide, soit par amincissement électrolytique suivi d'un bombardement ionique.

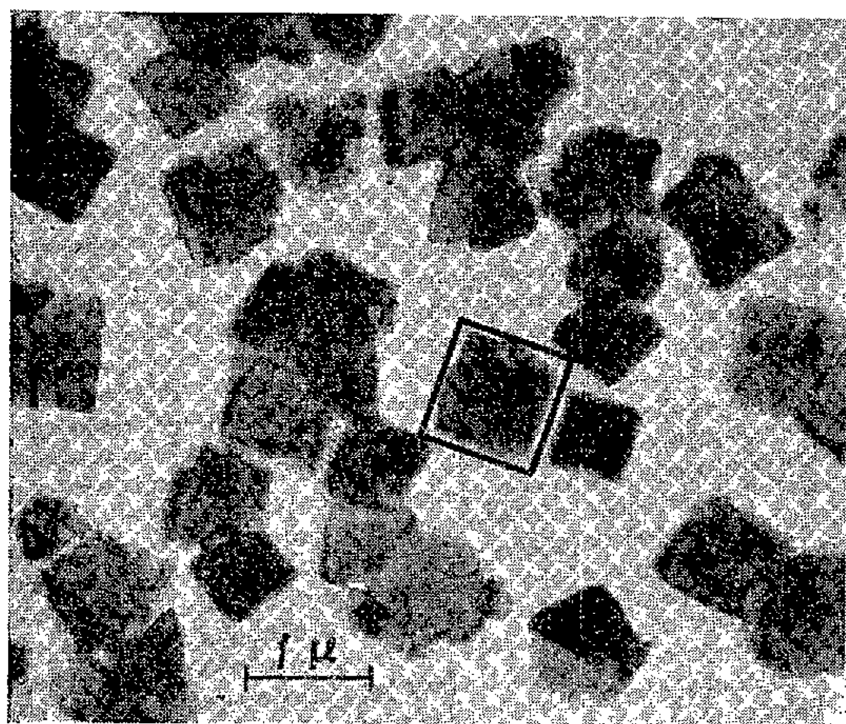
Le film préparé par évaporation est d'épaisseur uniforme; on peut aisément étudier sa structure cristallographique par diffraction électronique, mais les images qu'on obtient en microscopie sont loin de donner les renseignements qu'on attend en métallographie.

L'autre méthode, proposée initialement par R. D. Heindenreich (1) et améliorée par R. Castaing (2), fournit d'excellents résultats, à la fois par diffraction et par microscopie électronique. Elle est cependant d'une technique assez difficile et ne peut être appliquée qu'à certaines espèces d'alliages.

Notre méthode, beaucoup plus simple, s'applique à n'importe quel métal ou alliage. Son principe réside dans le fait qu'on obtient un film mince à partir d'une masse fondue de métal ou d'alliage dans une boucle mince de fil métallique et par choc d'une goutte de cette masse contre une plaque métallique lisse.

L'oxydation, au-dessous de 900° C, n'est pas très marquée; on peut donc faire l'expérience même dans l'air, pour des échantillons fusibles au-dessous de cette température. Pour des métaux ou alliages dont le point de fusion est plus élevé il faut une atmosphère non oxydante. Dans ce but nous avons construit un appareil spécial qui sera décrit ultérieurement dans un autre Mémoire.

Le film préparé dans l'air comporte beaucoup de plages de cristal unique supportées sur un film transparent produit spontanément au cours de la préparation et qui est vraisemblablement un oxyde. La structure de ces plages est identique à celle du métal massif.



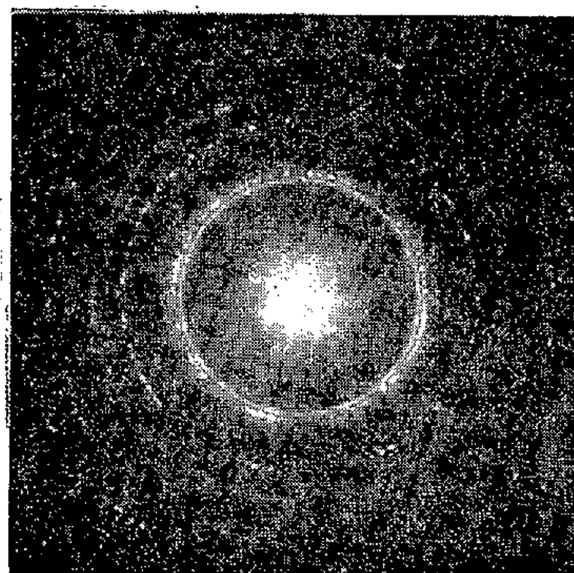


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Alliage Sn 62/Pb 38.

Fig 2. — Diagramme de diffraction correspondant à toute la surface de la figure 1.

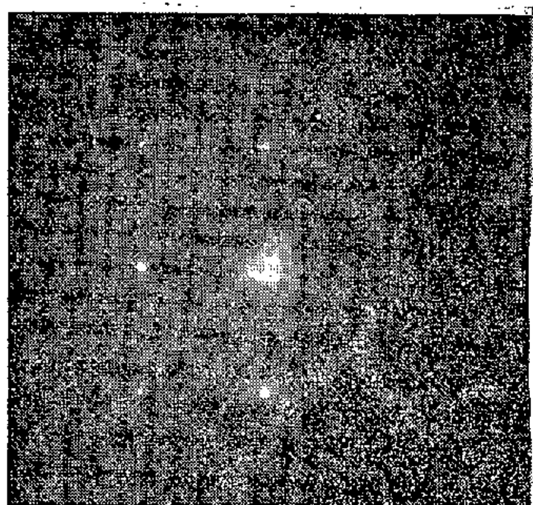




Fig. 3. Fig. 4.

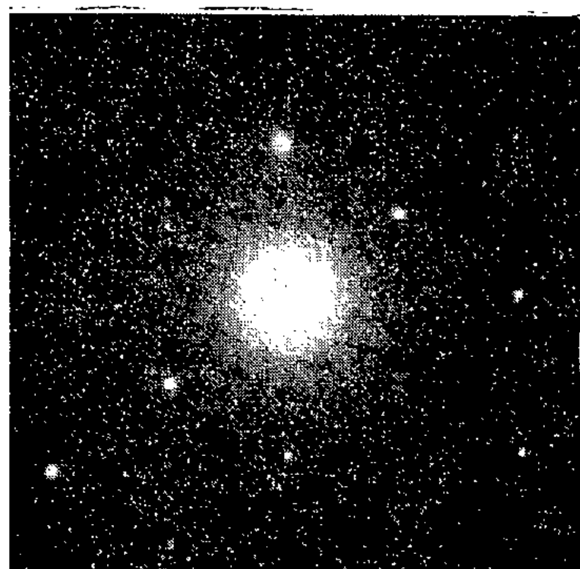
Fig. 3. — Diagramme de microdiffraction correspondant au cristal entouré par un carré dessiné à l'encre de Chine de la figure 1.

Fig. 4. — Alliage Al-25 % Ag.

Le film préparé dans un gaz inactif tel que l'argon est un peu plus épais et plus uniforme, mais il n'y a pas les plages décrites ci-dessus.

La figure 1 montre le cas de l'alliage 62 % Sn/38 % Pb (eutectique). Le diagramme de diffraction correspondant à toute la surface de la figure 1

est représenté sur la figure 2. La microdiffraction révèle que le cristal entouré par un carré dessiné à l'encre de Chine est exactement la solution solide du côté Sn et qu'il s'oriente de façon que son plan de base tétragonal (001) soit parallèle à la surface du film (*fig.* 3).



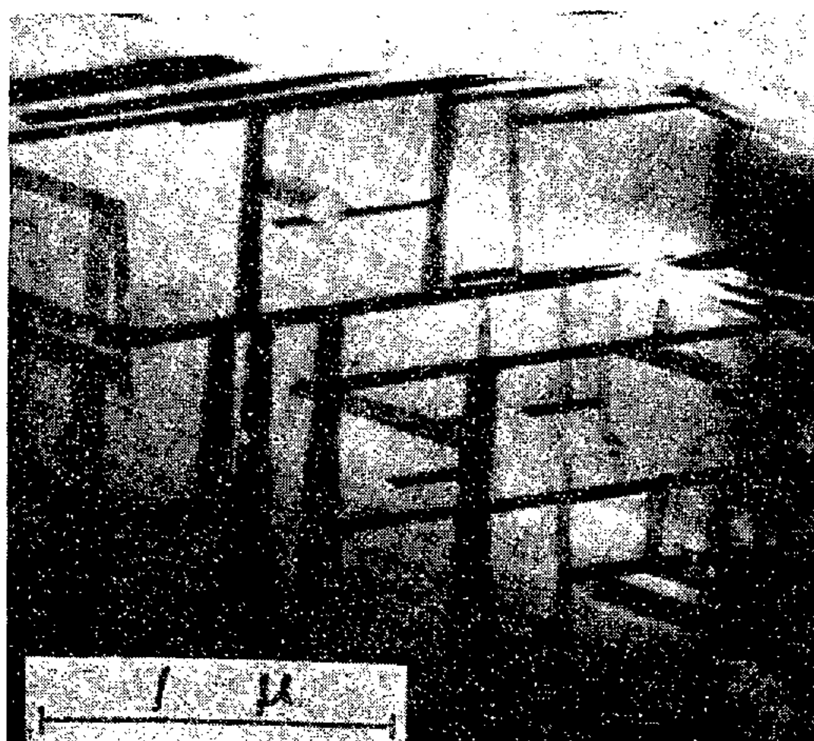


Fig. 5. Fig. 6.
Fig 5. — Diagramme de diffraction correspondant à la figure 4.
Fig. 6. — Alliage Al-25%.

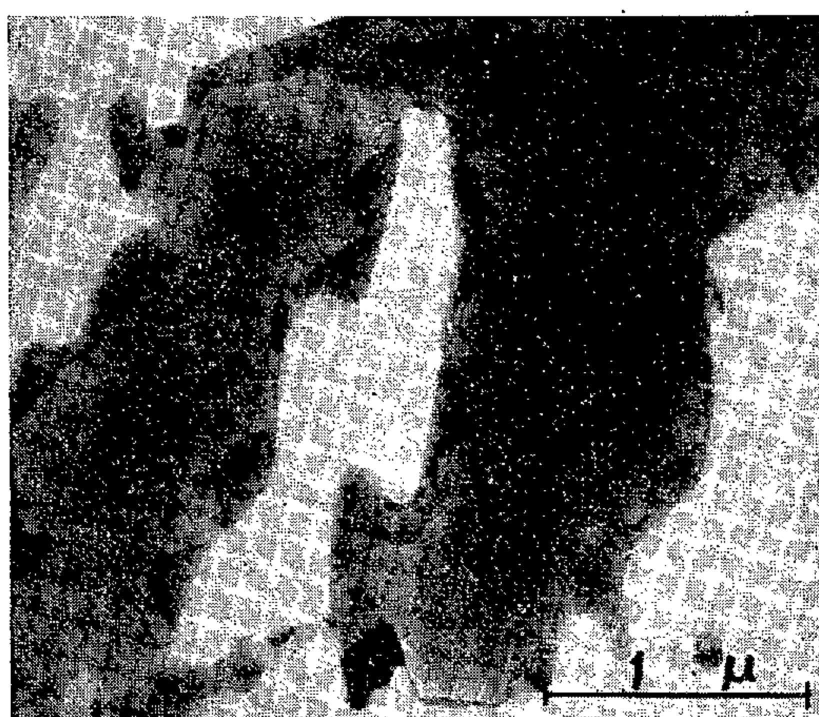


Fig. 7. — Alliage Al-30% Zn.

Le film de l'alliage Al-25 % Ag (en poids) montre des plaquettes de précipitation de la phase γ' (Al Ag_2) et des franges électroniques dues à l'interférence de l'onde électronique à l'intérieur du cristal (*fig.* 4). La figure 5 montre le diagramme de diffraction correspondant.

Dans des conditions convenables une belle figure de Widmanstätten est visible (*fig.* 6).

Nous avons constaté que le film ainsi préparé est susceptible d'être soumis à un traitement thermique, ce qui nous a permis d'étudier le phénomène de durcissement structural en chauffant l'échantillon à l'intérieur du microscope électronique.

L'alliage Al-30 % Zn (en poids) donne une image semblable; c'est ici le zinc presque pur qui est précipité.

L'expérience avec les alliages dont le point de fusion dépasse 1000° C est assez difficile car l'oxydation est très marquée. Il faut absolument opérer dans un gaz inerte, ce qui complique l'expérimentation.

En résumé cette méthode, tout à fait nouvelle, nous permet d'effectuer des études de presque tous les métaux ou alliages au microscope électronique en éliminant les défauts des films « répliques » ou des films obtenus par évaporation.

On peut profiter de la haute résolution du microscope électronique par transmission. Les résultats détaillés feront l'objet d'une autre publication.

(1) *J. Appl. Phys.*, 20, 1949, p. 993.

(2) *Comptes rendus du colloque du C. N. R. S. de Toulouse*, avril 1955.

RADIOACTIVITÉ. — *Dosage de l'actinium par mesure directe du produit en solution.* Note (*) de M[lle] **Marguerite Perey** (1), présentée par M. Frédéric Joliot.

Nouvelle méthode de dosage de l'actinium en équilibre avec ses dérivés, par mesure directe du produit en solution, permettant de doser des quantités allant jusqu'à 0,003 μC d'actinium.

La valeur d'un produit d'actinium en équilibre avec ses dérivés, ne contenant ni radium ni thorium, peut être donnée en millicuries par mesure directe, au compteur-cloche, de ce produit en solution. Cette méthode ne nécessite aucune opération chimique sinon la mise en solution du produit — ce qui présente de grands avantages.

Au moyen de la chambre d'ionisation P_5 (2) on peut mesurer des produits de terres rares actinifères contenant au minimum de l'ordre du microcurie d'actinium dans 0,100 g de matière — ces produits doivent être en équilibre radioactif. La nouvelle méthode permet de doser 0,003 μC d'actinium dans une masse de solution de 2,5 g et en présence de matière inactive, celle-ci pouvant varier de 0,002 à 1 g de matière pour une masse totale de solution de 2,5 g — ce qui conduit à une augmentation de sensibilité d'un facteur 3 000.

Il faut opérer à poids constant, c'est-à-dire à une masse superficielle

déterminée. Dans ces conditions la diffusion du rayonnement dans la matière n'intervient pas et l'activité d'un produit reste constante quelle que soit la concentration de la solution en matière inactive. Nous avons choisi une masse superficielle de 0,385 g.cm^{-2}, c'est-à-dire dans nos conditions expérimentales une masse de 2,5 g.

Cette méthode permet de doser des quantités d'actinium beaucoup plus élevées puisqu'il suffit de prélever une partie aliquote et de l'amener à 2,5 g — mais elle est particulièrement intéressante pour doser de faibles quantités d'actinium sans opération chimique.

Mode opératoire de l'étalonnage. — Le produit d'actinium en équilibre avec ses dérivés, mesuré à la chambre P_5, est mis en solution et amené à un volume donné.

2 cm^3 de cette solution (ou sous-solution si le produit est très actif) sont prélevés dans une coupelle en Plexiglas tarée et amenés sur la balance, à l'aide d'une micropipette, au poids de 2,5 g, soit une masse superficielle de 0,385 g.cm^{-2}. (On dépasse de quelques milligrammes le poids de 2,5 g. La solution est très soigneusement homogénéisée dans la coupelle et ramenée par évaporation à l'air libre au poids choisi de 2,5 g.)

La coupelle est alors immédiatement scellée par une lamelle couvre-objet calibrée à l'aide d'un film fin de graisse à vide déposé au préalable sur les bords de la lamelle.

Il s'écoule 1 mn au maximum entre l'instant où le poids voulu est atteint et la coupelle scellée. Nous avons voulu nous rendre compte du pouvoir émanateur de ces solutions. L'activité mesurée immédiatement est légèrement inférieure à celle mesurée 4 h après scellement du produit, intervalle de temps durant lequel le dépôt actif se met en équilibre radioactif. Le P. E. correspondant à cette différence d'activité est de l'ordre de 4 %.

Après 4 h, l'activité mesurée correspond à l'activité exprimée en coups par minute (c/mn) du produit d'actinium en équilibre avec ses dérivés.

Nous avons utilisé trois produits d'actinium :

Produits	I.			II.			III.		
Activité P_5 (μC)	4,005			39,58			87,92		
Moyennes de 3 prises d'essai: Prélèvements (μC)	0,0031	0,0078	0,032	0,032	0,063	0,016	0,036	0,035	0,05
Moyennes de 3 prises d'essai: Correspondance (c/mn)	260 ±3%	621 ±4%	2 655 ±1%	2 971 ±2%	5 893 ±0,3%	1 526 ±2,4%	3 282 ±2,5%	3 146 ±2,5%	479 ±0,2
Correspondance en c/mn de 0,01 μC	824	788	829	913	936	966	912	905	909
	814 c/mn ± 3%			938 c/mn ± 3%			909 c/mn ± 0,5%		

0,01 μC → 887 c/mn ± 8%

Dans les conditions expérimentales données nous pouvons dire que :

$$0{,}01\ \mu\text{C Ac} + \text{dérivés} \rightarrow 890\ \text{c/mn Ac} + \text{dérivés} \pm 8\%.$$

La pureté des produits actinifères a été vérifiée en comparant l'énergie du rayonnement émis à celle du rayonnement du dépôt actif de l'actinium obtenu par activation dans l'actinon. Les courbes d'absorption du rayonnement du produit actinifère soit dans le cuivre, soit dans l'aluminium, sont superposables à celles obtenues avec le dépôt actif mesuré dans les mêmes conditions expérimentales. Une impureté radioactive est immédiatement décelable par ce moyen.

Une autre preuve de la pureté du produit et de la validité de l'étalonnage a été donnée par l'identité des résultats obtenus avec les produits de lanthane actinifère et ceux obtenus avec le dépôt actif de l'actinium. Le dépôt actif est mis en solution puis précipité par l'hydrogène sulfuré en présence de plomb. 0,05 g de ce sulfure sont prélevés et placés dans une coupelle de laiton recouverte d'une lamelle de verre calibrée, et mesurés à la chambre P_5 dans les conditions identiques à celles de la mesure du produit d'actinium. La lamelle n'est évidemment pas nécessaire avec le dépôt actif mais nous avons préféré apporter les mêmes corrections dans les deux cas. L'activité est suivie pendant environ 2 h à la chambre P_5, puis le produit est mis en solution amené à une masse de 2,5 g dans une coupelle de plexiglas comme indiqué précédemment. La décroissance du produit est suivie. Les valeurs exprimées en U. E. S. donnant la correspondance en millicuries d'actinium et celles exprimées en coups par minute sont données par extrapolation au même temps zéro.

On obtient :

$$0{,}01\ \mu\text{C Ac} \rightarrow 910\ \text{c/mn} \pm 4\%.$$

Les résultats sont donc en très bon accord avec ceux indiqués dans le tableau.

Nous avons voulu, avec le produit III, comparer les résultats obtenus avec les différentes méthodes de dosage que nous avons établies. Ces résultats sont en très bonne concordance :

1re méthode	(2) :	0,088 mC	(Ac + dérivés P_5)
2e »	(3) :	0,088	(AcKP_5)
3e »	(4) :	0,091	(AcK compteur-cloche)
4e »	(5) :	0,091	(Dépôt actif compteur-cloche)
5e »	:	0,090	(Ac + dérivés compteur-cloche)

La dernière méthode présente l'avantage du maximum de sensibilité et de ne nécessiter que la mise en solution du produit, comme opération chimique.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) Avec la collaboration technique de Mlle Madeleine Bacher.

(2) M. Perey, Pompéi et Lecoin, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 158.

(3) M. Perey, *Comptes rendus*, 217, 1942, p. 106.

(4) M. Perey, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 953.

(5) M. Perey et A. Hettler, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2552.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la séparation isotopique sous l'effet du courant continu dans le gallium fondu.* Note (*) de MM. **Maurice Goldman**, **Guy Nief** et **Étienne Roth**, présentée par M. Francis Perrin.

L'effet de séparation isotopique, sous l'effet du courant continu, dans le gallium fondu, augmente avec la température, en contradiction avec les prévisions théoriques.

Il a été montré dans des travaux récents (1), (2), (3) que le passage d'un courant continu dans une colonne de métal fondu provoque une séparation isotopique, l'isotope lourd se concentrant en général à la cathode. Nous avons étudié le cas du gallium (1). Dans une étude effectuée par d'autres auteurs sur l'indium (4), il a semblé que la séparation isotopique augmentait avec la température.

Au cours du travail présenté, dont les détails expérimentaux paraîtront dans une autre publication (5), nous avons étudié l'influence de la température sur la séparation isotopique du gallium entre 325 et 560° K.

Les expériences ont été menées sur des colonnes de gallium de 20 cm de long, d'un diamètre de 0,2 à 0,3 mm dans lesquelles circulait, à température fixe, un courant de 3 à 4 A pendant une durée de 15 à 30 jours, nécessaire pour atteindre l'équilibre.

Cette étude a montré que :

1° En régime d'équilibre, le rapport des concentrations isotopiques varie le long de la colonne suivant la loi :

$$\operatorname{Log}\frac{C_1}{C_2} = ax + \operatorname{Log}\left(\frac{C_1}{C_2}\right)_0.$$

Lorsque l'équilibre n'est pas atteint, la courbe $\operatorname{Log} C_1/C_2 = f(x)$ possède à ses extrémités une pente égale à la valeur a, ce qui résulte bien de l'équation de diffusion (*fig.* 1).

2° Le « facteur de séparation » défini par

$$p = \frac{\Delta\left(\operatorname{Log}\frac{C_1}{C_2}\right)}{\Delta V} = a\frac{\Delta x}{\Delta V}$$

croît appréciablement avec la température.

Les valeurs expérimentales du facteur de séparation ont été les suivantes :

Température absolue (°K).	Facteur de séparation p.	Température absolue (°K).	Facteur de séparation p.
325	0,049	499	0,067
338	0,061	560	0,077
488	0,006		

Les températures de la colonne de gallium ont été déterminées à 5° C près, et les facteurs de séparation avec une précision de 5 à 10 %.

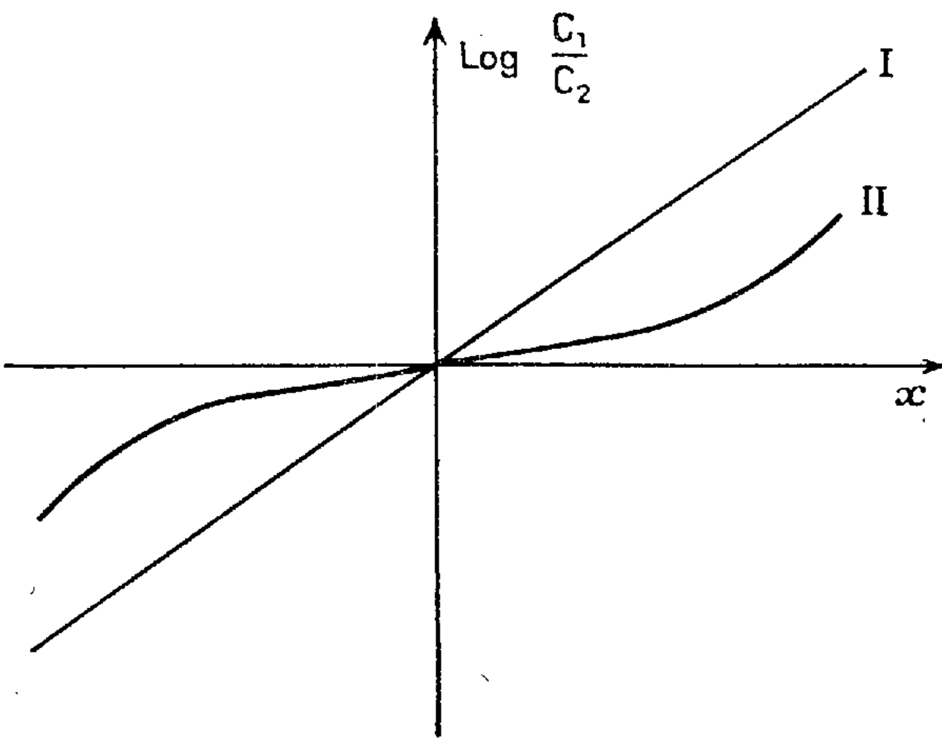


Fig. 1.
I. En régime d'équilibre. II. Avant atteinte de l'équilibre
Répartition du rapport des isotopes dans la colonne.

Les résultats reportés sur la figure 2 paraissent suffisamment significatifs pour être confrontés aux explications existantes de la séparation isotopique étudiée.

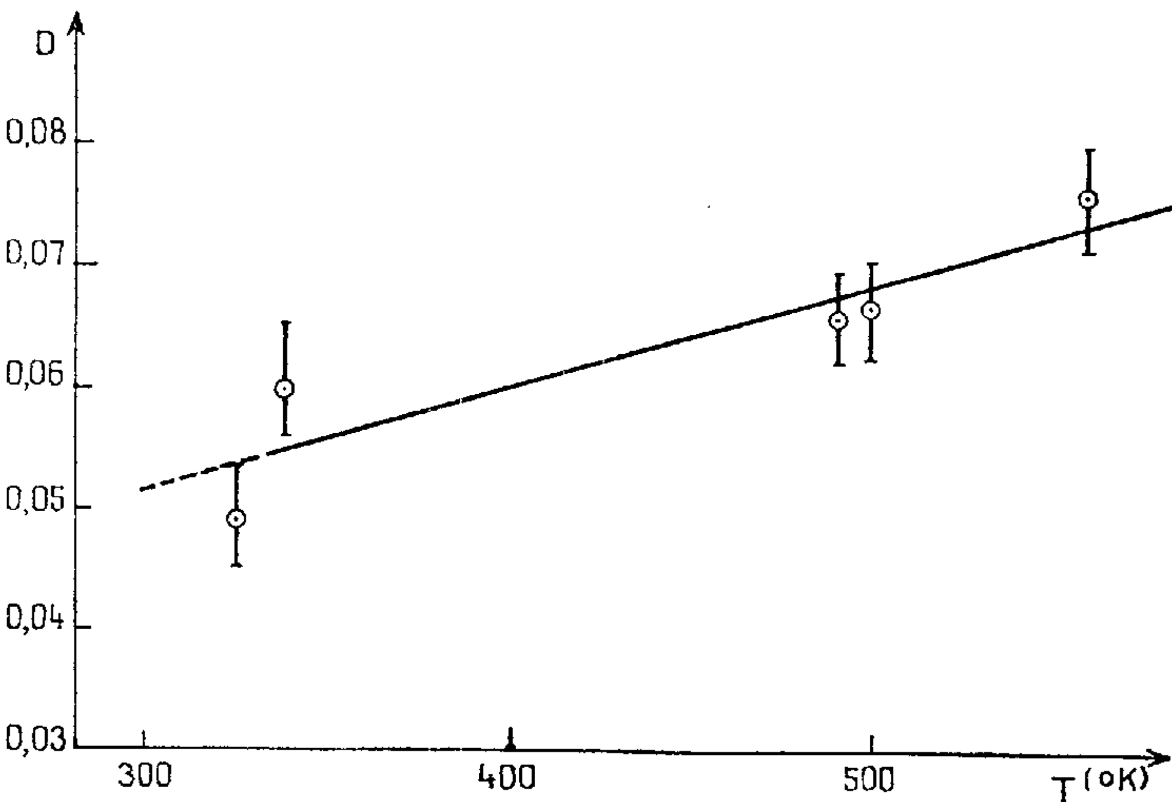


Fig. 2. — Variation du facteur de séparation.

Klemm (⁶) en a proposé une théorie phénoménologique qui ne permet pas de prévoir *a priori* l'influence de la température.

P. de Gennes (⁷) a décrit les vibrations dans le liquide en termes de phonons. Il prévoit ainsi une séparation isotopique d'un ordre de grandeur acceptable, mais qui devrait décroître en $1/T^3$.

Nous n'avons pas trouvé d'explication satisfaisante, même qualitative, à ce désaccord flagrant entre les résultats expérimentaux et les prévisions théoriques.

La prolongation du domaine de température exploré serait souhaitable, mais présente des difficultés technologiques.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) G. Nief et E. Roth, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 162.

(2) Haeffner, *Nature*, 172, 1953, p. 775.

(3) A. Lunden, C. Reuterswärd et A. Lodding, *Z. Naturforsch. Dtsch.*, 10*a* n° 12, 1955, p. 924.

(4) A. Lodding, A. Lunden et H. von Ubisch, *Z. Naturforsch. Dtsch.*, 11*a*, 1956.

(5) M. Goldman, *J. Chim. Phys.*, 1956 (à paraître).

(6) *Z. Naturforsch., Dtsch.*, 9*a* n° 12, 1954, p. 1031.

(7) *J. Phys. Rad.*, 17, n° 4, 1956, p. 343.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Composés cuivriques des acides-alcools.* Note (*) de MM. **Jean Lefebvre** et **Pierre Souchay**, présentée par M. Georges Chaudron.

Malgré diverses études dont ils furent l'objet en raison de leur intérêt, la nature et les domaines de stabilité des composés de l'ion Cu^{++} avec les acides-alcools sont encore mal connus. Ces systèmes compliqués ont pu être débrouillés par l'emploi de la potentiométrie, à condition d'utiliser non seulement les mesures simultanées de potentiels d'ions Cu^{++} et H^+ mais aussi la surface potentiométrique.

Afin de choisir des acides alcools de type différent, nous avons adopté les acides glycolique GH, malique MH_2, citrique CH_3 tous monoalcools, et l'acide tartrique, dialcool. En raison de leur comportement particulier, les acides tartrique et glycolique seront étudiés par ailleurs. Les équilibres peuvent s'écrire sous la forme



$$\alpha MH_2 + \beta Cu^{++} + \omega OH^- \rightleftharpoons \text{Complexe.}$$

Il importe de considérer que β n'est pas obligatoirement égal à 1 (même si $\alpha = \beta$); s'il en est différent, on dit que le complexe est condensé. Les travaux physicochimiques antérieurs (1) méconnaissent pour la plupart cette possibilité pourtant fréquente (et pas seulement chez les acides-alcools); les conclusions auxquelles ils aboutissent ne peuvent donc être considérées toujours comme correctes.

Pour opérer dans des conditions aussi diverses que possible, nous avons titré par NaOH des mélanges renfermant au départ des rapports variés Acide/Cu^{++}, et cela à plusieurs dilutions. Les données de base sont obtenues, à tout moment du titrage, de la manière suivante :

1° Activité ou concentration des ions H^+, à l'électrode de verre.

2° Activité ou concentration des ions Cu^{++}, à l'électrode de Cu qui fonctionne particulièrement bien dans ces milieux si $pH < 8$.

3° Concentration de MH_2 libre, à l'aide de la surface potentiométrique [2] S, et par suite (à l'aide du 1°) la concentration en ions MH^- et M^{--} libres.

4° Le nombre total N de particules, en évaluant la variation de S avec la dilution (en litres, par mol. MH_2 de départ).

La proportion de Cu, de particules maliques complexées ainsi que le nombre d'ions OH^- entrant dans les complexes, sont faciles à évaluer, en retranchant des quantités mises en œuvre, celles qui sont libres, et évaluées aux 1°, 2°, 3°.

De même, en retranchant ces mêmes quantités de N, évalué au 4°, on obtient le nombre de particules complexes, ce qui est important pour connaître le degré de condensation.

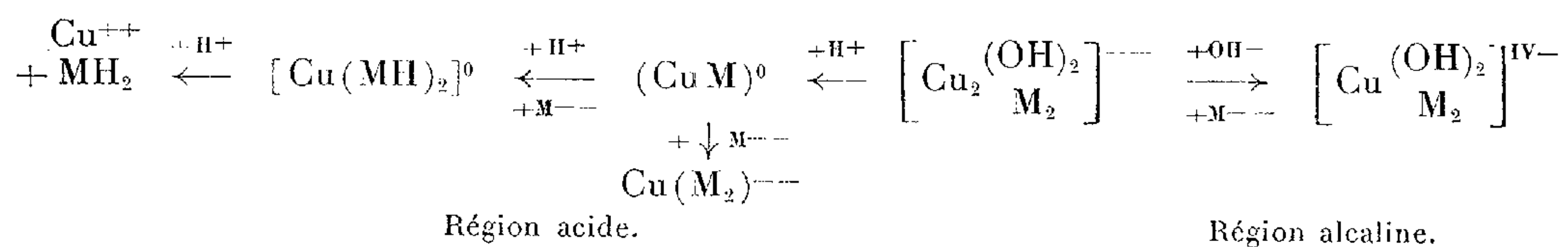
La méthode ainsi adoptée a l'avantage de ne faire appel à aucune hypothèse préliminaire, puisque toutes les quantités désirables sont connues. Les calculs qui s'ensuivent seront détaillés prochainement; ils permettent de déterminer, avec le minimum d'incertitude, la structure de ces complexes et leurs domaines de stabilité.

Le fait le plus remarquable consiste en ce qu'on peut ajouter une quantité de NaOH supérieure à celle nécessaire pour former le sel neutre de l'acide sans que le pH devienne alcalin. Cette quantité supplémentaire est de 1 mol par atome Cu pour MH_2 et CH_3 (ce qui fait 0,9 mol sur la figure 1); le complexe formé est très stable, et se traduit par un saut très net du pH; il est généralement condensé [3].

L'existence des complexes alcalins est caractéristique des acides-alcools; elle est due à l'ionisation des OH alcooliques, trop faible pour se manifester d'ordinaire, mais dont l'équilibre d'ionisation se trouve fortement déplacé par la grande stabilité des composés ainsi formés.

Ceux-ci donnent, aussi bien par alcalinisation que par acidification, des complexes moins condensés, stables du côté alcalin, moins stables du côté acide, et d'autant moins que l'acidité est plus grande.

Avec MH_2, le tableau suivant rend compte des phénomènes observés :

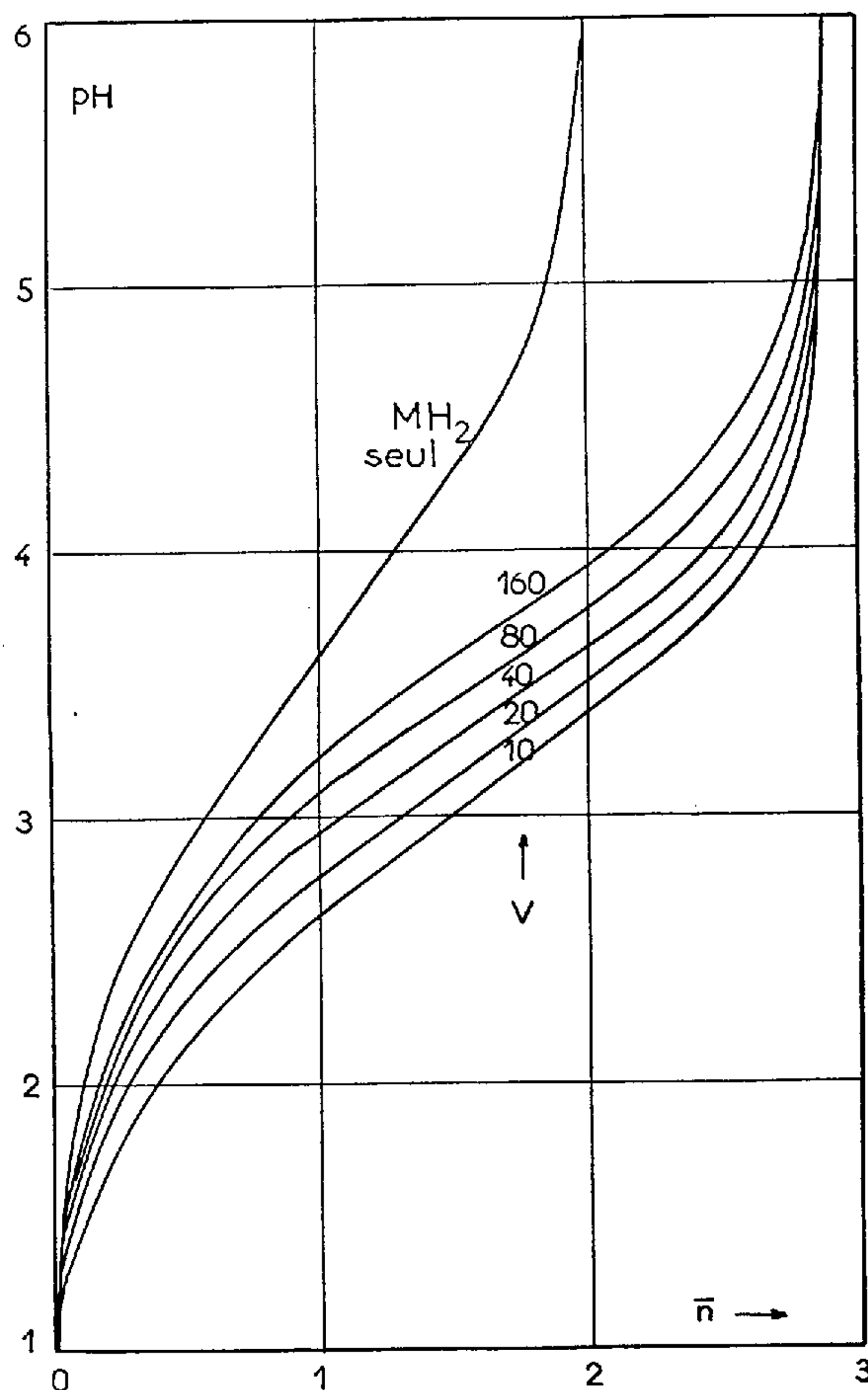


$$\begin{matrix} Cu^{++} \\ + MH_2 \end{matrix} \xleftarrow{+H^+} [Cu(MH)_2]^0 \underset{+M^{--}}{\overset{+H^+}{\longleftarrow}} (CuM)^0 \xleftarrow{+H^+} \left[Cu_2\begin{matrix}(OH)_2\\ M_2\end{matrix}\right]^{--} \underset{+M^{--}}{\overset{+OH^-}{\longrightarrow}} \left[Cu\begin{matrix}(OH)_2\\ M_2\end{matrix}\right]^{IV-}$$

$$(CuM)^0 \xrightarrow{+M^{--}} Cu(M_2)^{--}$$

Région acide. Région alcaline.

La figure 2 donne la proportion de chacune des espèces en fonction du pH (5), dans la région acide, pour un mélange renfermant au départ 1 mol MH_2 + 0,9 mol Cu^{++} dans 20 l de ClO_4Na 1 M (4).



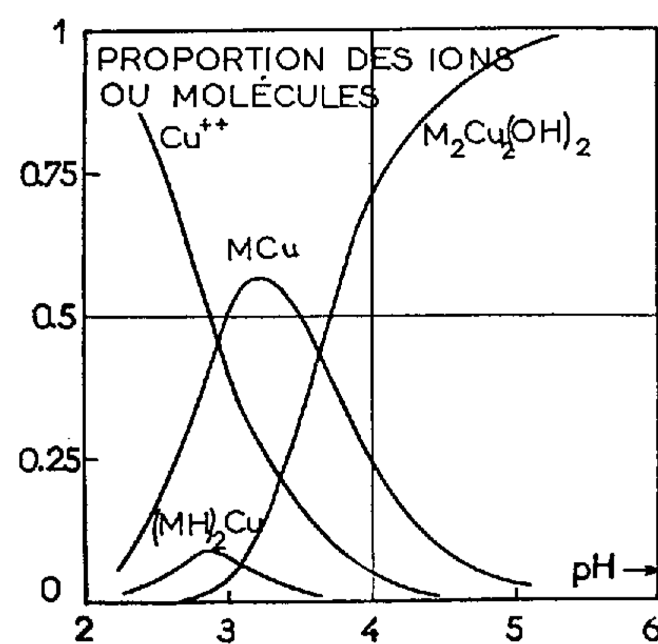


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Titrage par la soude ($\bar{n}$ moles consommées) de 1 mol MH_2 + 0,9 mol SO_4Cu à diverses dilutions V.

En milieu citrique, le comportement est voisin : complexes de même structure mais de valences différentes, à cause des valences différentes de particules C^{---} et M^{--}. De plus, la stabilité des composés bicondensés est plus grande que dans la série malique, ce qui explique :

a. L'obtention plus difficile, dans la région alcaline, de $\left[Cu\,{}^{C_2}_{(OH)_2}\right]^{VI-}$.

b. Le recul, dans la région acide, du domaine de stabilité des espèces non condensées vers les pH plus bas, ainsi que l'existence, en équilibre avec CuC^-, du dimère $Cu_2C_2^{--}$ qui n'a pas son équivalent dans la série malique.

Toutes ces conclusions ont été confirmées par cryoscopie dans SO_4Na_2, et spectrophotométrie. Par cette dernière technique, les spectres de tous les constituants ont pu être établis, même pour ceux d'entre eux qui ne se formaient jamais à l'état pur. Les deux phénomènes : condensation et ionisation des OH^- alcooliques se manifestent par une absorption intense dans l'ultra-violet, et un déplacement du maximum d'absorption situé dans le visible.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) BOBTELSKY et JORDAN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1824; J. DARMOIS, *J. Phys. Rad.*, 5, 1924, p. 225; DELSAL, *J. Chim. Phys.*, 35, 1938, p. 314; MEITES, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 326972, 1950, p. 180; PARRY-DUBOIS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 3749; WARNER et WEBER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5086; PECSOK et JUVET, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 202.

(2) LEFEBVRE, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1037.

(3) Dans le cas de TH_2, la quantité supplémentaire de NaOH est de 1,25 mol par Cu; ce nombre fractionnaire, à lui seul, suffit à confirmer la possibilité d'existence d'espèces condensées.

(4) CuM_2^{--} n'y figure pas, car sa proportion est négligeable, avec le faible rapport MH_2/Cu utilisé.

(5) Pour les composés solides correspondants, *voir* les travaux de : HAGEN, *Lieb. Ann.*, 38, 1841, p. 271; J. PICKERING, *J. Chem. Soc.*, 1914, p. 464; 1915, p. 942; 1916, p. 235; WARK, *J. Chem. Soc.*, 1923, p. 1827.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfures et le polysulfure de cérium.* Note (*) de M. **JEAN FLAHAUT** et Mlle **MICHELINE GUITTARD**, présentée par M. Paul Lebeau.

S_3Ce_2 existe sous trois formes cristallines α, β, γ. Les deux premières se préparent par dissociation dans le vide du polysulfure S_2Ce et la dernière par action de l'hydrogène sulfuré sec sur l'oxyde O_2Ce à température élevée. Nous faisons connaître les relations existant entre ces trois formes, et leurs principales propriétés. Le polysulfure S_2Ce cubique est également décrit.

L'action de l'hydrogène sulfuré sur le chlorure, le sulfate ou le carbonate de cérium à des températures ne dépassant pas 1 000° n'a pas conduit au sulfure S_3Ce_2 exempt d'oxygène (1), (2). La transformation de l'oxyde O_2Ce est encore plus difficile, et, déjà en 1904 Sterba (3) indique la nécessité de températures élevées (rouge vif). Effectivement, en 1931 Picon (4) isole pour la première fois S_3Ce_2 pur en opérant à 1 550°C. Eastman et ses collaborateurs (5) montrent en 1950 que, dans cette réaction, la formation de l'oxysulfure O_2SCe_2 précède celle de S_3Ce_2. Simultanément Zachariasen (6) établit que la structure cristalline cubique du sulfure ainsi obtenu dérive de celle de S_4Ce_3 (type P_4Th_3).

Une deuxième forme cristalline de S_3Ce_2, désignée sous le nom de phase « complexe » d'après l'aspect de son spectre de rayons X, est observée par

Eastman et ses collaborateurs [5]. Elle serait stabilisée par la présence de traces d'oxygène en solution solide [5], [7].

D'autre part, en utilisant le sulfate céreux anhydre, Biltz [8] constate, en 1908, qu'au-dessous de 700°, l'hydrogène sulfuré fournit un polysulfure S_2Ce, retenant une faible quantité d'oxygène. Ce corps est dissociable à partir de 755° C en S_3Ce_2 et soufre. Klemm, Meisel et Vogel [2], à l'aide de la même réaction mais conduite à 1000°, obtiennent directement le sulfure S_3Ce_2 et décrivent schématiquement son diagramme de rayons X. Ils l'affectent à une série α des sulfures isomorphes des terres rares cériques, distincte d'une série β où sont groupés les sulfures de Sc, Y, Er et Yb.

Nos essais ont montré qu'il existe trois formes cristallines différentes de S_3Ce_2, que nous avons pu identifier avec les divers produits obtenus par les auteurs précédents :

α, décrite par Klemm et provenant de la dissociation du polysulfure S_2Ce;

β, dont le spectre de rayons X compliqué nous fait penser qu'elle est identique au sulfure « complexe » d'Eastman;

γ, préparée par Picon à haute température et étudiée cristallographiquement par Zachariasen.

Il est difficile d'obtenir les sulfures des terres rares exempts d'oxygène. En plus de l'obligation d'opérer à température élevée, il est indispensable d'utiliser de l'hydrogène sulfuré parfaitement desséché. Dans ce but, nous faisons circuler ce gaz sur du sulfure d'aluminium chauffé au rouge sombre. Il est, de plus, nécessaire de faire usage de nacelles en graphite qui, par l'intermédiaire d'un composé sulfuré du carbone, facilitent la réaction. Nous avons observé dans ces conditions la transformation de l'oxyde O_2Ce en $S_3Ce_2\beta$ exempt d'oxygène à 1000°C en une dizaine d'heures, et en $S_3Ce_2\gamma$ à 1300° en deux heures. Enfin, le dérivé α résulte de la dissociation de S_2Ce entre 850 et 1100°C dans le vide.

Le tableau suivant donne les résultats des analyses ainsi que quelques-unes des propriétés physiques :

	S (%).	Ce (%).	Total.	Densité d_4^0.	Susceptibilité magnétique atomique à 20° C $\times 10^{-6}$ (C. G. S.).
Théorie pour S_3Ce_2....	25,49	74,51	100	–	–
$S_3Ce_2\alpha$	25,56	73,82	99,38	4,95	2 270
$S_3Ce_2\beta$	25,71	74,45	100,16	5,07 ± 0,05	2 190
$S_3Ce_2\gamma$	–	–	–	5,184	2 130

En ce qui concerne les conditions de stabilité de ces trois variétés, nous avons constaté les faits suivants :

Dans l'action de l'hydrogène sulfuré sur l'oxyde O_2Ce, seul le dérivé γ se forme au-dessus de 1000 à 1100°C. Au-dessous de ces températures, la pro-

duction de β est généralement observée, mais avec quelque irrégularité. Nous avons pu, par exemple, obtenir à plusieurs reprises à 600° C, $S_3Ce_2\gamma$ accompagné d'oxysulfure, et vers 900° C des mélanges de β et γ.

La dissociation du polysulfure S_2Ce permet de préciser les relations existant entre les trois formes. Par chauffage sous une pression inférieure au millième de millimètre de mercure, il apparaît S_3Ce_2 γ à 1500° C, β à 1200° C et α entre 700 et 1100° C. Les températures nécessaires à leur formation vont donc en croissant de α à β, puis à γ.

L'existence d'un point de transformation du sulfure α en β se manifeste vers 1100° C. Il nous a, par contre, été impossible d'observer le passage du sulfure β en γ, même après un chauffage de 1 h à 1500° C. A 1700° C il se produit un départ de soufre et une évolution vers S_4Ce_3.

En définitive, alors que le domaine de stabilité de $S_3Ce_2\alpha$ s'étend de 600 à 1100° C, les deux autres sulfures paraissent stables entre 600 et 1500° C.

L'ensemble de ces résultats nous a conduits à distinguer deux processus de formation.

Le premier donne successivement les deux formes α et β par dissociation du polysulfure à température peu élevée. On part donc ici d'un composé contenant un excès de soufre par rapport à la composition finale.

Le second fournit $S_3Ce_2\gamma$. Par suite de sa structure cristalline particulière, ne différant de celle de S_4Ce_3 que par l'existence de lacunes dans le réseau des ions métalliques, ce dérivé se rattache aux sulfures de cérium présentant un excès de métal par rapport à S_3Ce_2. On peut donc envisager que sa formation fait intervenir un dérivé plus riche en cérium que ne l'indique sa composition finale.

Le paramètre cristallin de S_3Ce_2 γ est 8,626Å « vrais » valeur très voisine de celles publiées par d'autres auteurs : 8,625 Å ([6]) et 8,624 Å ([7]). La densité que l'on en déduit avec 16/3 de molécules par maille s'élève à 5,18 g/cm³, identique à celle obtenue expérimentalement : $d_4^0 = 5,184$.

Le sulfure $S_3Ce_2\gamma$ manifeste d'excellentes propriétés réfractaires. Il ne se dissocie sous une pression de 1/2500ᵉ de millimètre de mercure qu'à partir de 1750° C, avec formation de traces de S_4Ce_3. La carburation en présence de graphite ne commence qu'après un séjour de 30 mn à 1750° C. On ne peut observer la fusion de ce composé au cours d'un chauffage rapide dans le vide, dans un creuset de carbure de titane. A 2060°, il disparaît par volatilisation.

Le composé S_2Ce est généralement classé avec les dérivés du cérium tétravalent. Ses propriétés sont cependant celles d'un polysulfure du métal trivalent. En particulier, Klemm et ses collaborateurs ([2]) ont trouvé des susceptibilités magnétiques voisines pour S_3Ce_2 et S_2Ce.

La méthode de préparation indiquée par Biltz ([8]), par action de l'hydrogène sulfuré sur le sulfate céreux à 600° C, ne conduit pas à un produit exempt d'oxygène. Nous avons utilisé le chauffage de $S_3Ce_2\gamma$ avec un excès de soufre

sec, à 600°C en tube scellé suivant le mode opératoire que nous avons indiqué pour S_2Y ([9]).

Composition	S %.	Ce %.
Trouvée	31,55	69,06
Théorique	31,40	68,60

C'est un produit noir. Son spectre de poudre s'interprète dans le système cubique, avec $a = 8,12$ Å « vrais », et 8 mol par maille. Ce type de structure n'est pas connu. La densité calculée est de 5,07 g/cm³, tandis que l'on trouve expérimentalement $d_4^0 = 4,96$.

La susceptibilité magnétique rapportée à un atome-g du métal s'élève à $\chi_a = 2\,290 \cdot 10^{-6}$ C. G. S. à la température ordinaire, très légèrement supérieure à celles des sulfures S_3Ce_2.

La fusion instantanée dans le vide sur creuset de graphite s'observe à 1700° C sans carburation, mais avec dissociation en S_3Ce_2 et soufre.

Ces divers sulfures de cérium s'oxydent à l'air à partir de 500° C, en O_2Ce et sulfate. Le permanganate de potassium en solution aqueuse diluée est sans action à froid. L'iode N/10 agit très faiblement. L'eau oxygénée conduit au sulfate.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) MUTHMAN et STUTZEL, *Ber.*, 32, 1899, p. 3413.

(2) KLEMM, MEISEL et VOGEL, *Z. Anorg. Chem.*, 190, 1930, p. 123 et 144.

(3) *Ann. Chim. Phys.*, (8), 2, 1904, p. 193.

(4) *Bull. Soc. Chim.*, (4), 49, 1931, p. 703.

(5) EASTMAN, BREWER, BROMLEY, GILLES et LOFGREN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 2248; 73, 1951, p. 3896.

(6) *Acta Cryst.*, 2, 1949, p. 57.

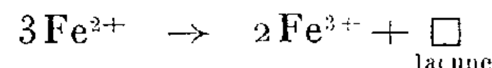
(7) BANKS, STRIPP, NEWKIRK et WARD, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 2450.

(8) *Ber. deuts. Chem. Gesell.*, 41, 1908, p. 3341.

(9) J. FLAHAUT et M. GUITTARD, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1210.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stabilisation du sesquioxyde de fer cubique.* Note (*) de MM. **André Michel** et **Marcel Lensen**, présentée par M. Georges Chaudron.

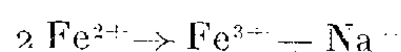
On sait ([1]) que le sesquioxyde cubique de fer (γFe_2O_3) est un composé instable qui se transforme irréversiblement à basse température (350°) en la forme rhomboédrique (αFe_2O_3). L'origine de cette instabilité réside dans la structure lacunaire du sesquioxyde cubique. Il est bien établi depuis les travaux de Hägg que l'oxydation de la magnétite qui conduit à la forme γ du sesquioxyde se fait par le mécanisme :



$$3Fe^{2+} \rightarrow 2Fe^{3+} + \underset{\text{lacune}}{\square}$$

sans que le réseau cubique à faces centrées que forme l'oxygène dans la magnétite ne soit modifié; certains sites cristallographiques occupés par le fer dans Fe_3O_4 ne le sont plus dans γFe_2O_3 : ce fait entraîne une contraction de l'arête du cube de 8,41 à 8,32.

La stabilité thermique du sesquioxyde cubique est, on le sait ([2]), fortement accrue par mise en solution solide de divers composés. L'oxydation d'échantillons de magnétite où certains ions ferreux ont été substitués par des ions alcalins (Na^+ par exemple) suivant le schéma.



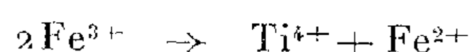
$$2\,Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + Na^+$$

conduit à des sesquioxydes « stabilisés » qui ne se détruisent plus qu'au-delà de 700°. Cette stabilisation peut être attribuée au fait qu'il apparaît beaucoup moins de lacunes au moment de l'oxydation de la magnétite, puisque la teneur de celle-ci en Fe^{2+} est diminuée par le jeu de la solution solide.

Une explication analogue s'applique au cas d'ions divalents comme Mg^{2+}, qui, dans la magnétite, se sont substitués aux ions F^{2+}.

Nous avons également établi ([3]), ([4]) que l'aluminium se substituant au fer ferrique dans la magnétite, conduisait à des sesquioxydes stabilisés bien que le nombre de lacunes apparaissant lors de l'oxydation soit le même que dans le cas de γFe_2O_3 pur. Nous attribuons cette stabilisation au fait que Al^{3+}, qui est plus petit que Fe^{2+} (0,57 au lieu de 0,65), provoque une contraction de la maille (de 8,32 à 8,20). Cette explication se trouve confirmée par le fait que l'ion Cr^{3+}, dont le noyau ionique (0,69) est supérieur à celui de Fe^{3+}, est incapable de jouer le même rôle.

Les ions tétravalents (Ti) qui se substituent dans la magnétite par le mécanisme :



$$2\,Fe^{3+} \rightarrow Ti^{4+} + Fe^{2+}$$

et augmenteraient le nombre de lacunes au moment du passage du sesquioxyde cubique, ne peuvent, comme nous l'avons établi ([4]) agir comme stabilisant.

Cette interprétation de la stabilisation de sesquioxyde cubique semble pouvoir être généralisée au cas de l'alumine cubique (γAl_2O_3). On sait déjà d'ailleurs ([4]) que la substitution des ions Al^{3+} par des ions Fe^{3+} de plus gros rayon, abaisse la température de la transformation de la forme γ.

Nous cherchons actuellement à confirmer cette interprétation par une étude systématique de la stabilisation de γAl_2O_3.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

([1]) J. Huggett et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1617; Huggett, *Thèse*, Paris, 1928; *Ann. Chim.*, [10], 11, 1929, p. 447.

([2]) A. Michel et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1191; Michel, *Thèse*, Paris, 1937; *Ann. Chim.* [11], 8, 1937, p. 317.

([3]) E. Pouillard et A. Michel, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 680; Michel et Pouillard, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, [5], 16, 1949, p. 152 et D 128.

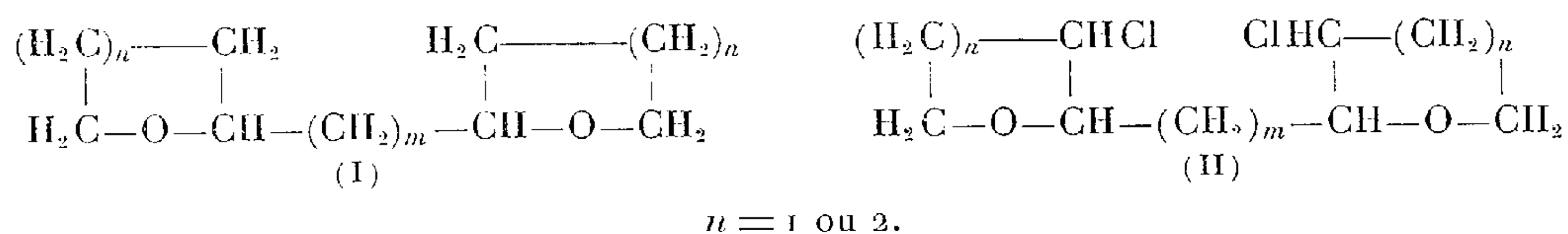
([4]) Pouillard, *Thèse*, Lille, 1949; *Ann. Chim.*, [12], 5, 1950, p. 164.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du dimagnésien de l'acétylène sur les dérivés halogenés du tétrahydropyranne et du tétrahydrofuranne.* Note de MM. **Olivier Riobé** et **Lucien Gouin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le dimagnésien de l'acétylène, réagissant sur les dérivés halogénés du tétrahydropyranne et du tétrahydrofuranne, conduit aux ditétrahydropyrannyl (ou furannyl) acétylènes. La liaison acétylénique peut être catalytiquement hydrogénée et hydratée.

L'action des dérivés organomagnésiens de toute série sur le chloro-2 tétrahydropyranne, le dichloro-2.3 tétrahydropyranne et le dichloro-2.3 tétrahydrofuranne est une condensation maintenant classique ([1]). L'ouverture du cycle oxygéné des composés obtenus, spécialement par action de l'acide bromhydrique ou d'un métal alcalin, permet en définitive de synthétiser de nombreux polyalcools.

Sur les dérivés des deux types



$n = 1$ ou 2.

l'action de l'acide bromhydrique ou du sodium doit conduire par des mécanismes analogues à des polyols plus variés. La synthèse de ces composés (I) et (II) résulte, en théorie, de l'action des dimagnésiens saturés sur les dérivés mono et dichlorés du tétrahydrofuranne et du tétrahydropyranne. Désirant préparer ces composés pour $m = 2$, et ne pouvant utiliser le dérivé dimagnésien du dibromoéthane, nous nous sommes adressés au dimagnésien de l'acétylène préparé par la méthode de G. Dupont ([2]) et employé toujours en excès dans les réactions. Les condensats symétriques seront alors hydrogénés catalytiquement.

— Action sur le chloro-2 tétrahydropyranne ([3]) : *ditétrahydropyrannyl*-2.2′ *acétylène* (ou *diépoxy*-1.5, 8.12 *dodécyne*-6) (III) : $C_{12}H_{18}O_2$: $É_{18}$ 158-160°; d_4^{21} 1,034 ; n_D^{21} 1,4935 ; C %, trouvé 74,05, calculé 74,23 ; H %, trouvé 9,60, calculé 9,28.

— Action sur le dichloro-2.3 tétrahydropyranne ([4]) : *bis* (*dichloro*-3-3′) *tétrahydropyrannyl*-2.2′ *acétylène* (ou *diépoxy*-1.5, 8.12 *dichloro*-4.9 *dodécyne*-6) (IV) : $C_{12}H_{16}O_2Cl_2$: $É_4$ 170° ; $d_4^{17,5}$ 1,243 ; $n_D^{17,5}$ 1,5235 ; Cl %, trouvé 26,50, calculé 27,00.

— Action sur le dichloro-2.3 tétrahydrofuranne ([5]) : *bis* (*dichloro*-3.3′) *tétrahydrofurannyl*-2.2′ *acétylène* (ou *diépoxy*-1.4, 7.10 *dichloro*-3.8 *décyne*-5) (V) : $C_{10}H_{12}O_2Cl_2$: $É_{18}$ 187° ; F 80° ; Cl %, trouvé 29,45, calculé 30,21.

Dans les produits de tête de la distillation des condensats, on isole des dérivés acétyléniques vrais, qui seront décrits ultérieurement.

Tous ces composés présentent les réactions de la liaison acétylénique. En particulier, le diépoxy-1.5, 8.12 dodécyne-6 chauffé longuement avec l'eau en présence de sulfate mercurique, conduit à la *diépoxy*-1.5, 8.12 *dodécanone*-6 : $C_{12}H_{20}O_3$: $É_{27}$ 174°; $d_4^{25,5}$ 1,055; $n_D^{25,5}$ 1,4760; C % trouvé 67,25, calculé 67,92; H % trouvé 9,30, calculé 9,43, dont la *dinitro*-2.4 *phénylhydrazone* fond à 131°, N % trouvé 13,80, calculé 14,29 pour $C_{18}H_{24}O_6N_4$.

Les composés acétyléniques symétriques, halogénés ou non, sont hydrogénés catalytiquement sur Nickel de Raney.

— Hydrogénat de (III) : *Diépoxy*-1.5, 8.12 *dodécane* ; $C_{12}H_{22}O_2$: $É_{760}$ 263°; d_4^{19} 0,980; n_D^{19} 1,4711; C %, trouvé 72,15, calculé 72,73; H %, trouvé 10,90, calculé 11,11.

— Hydrogénat de (IV) : *Diépoxy*-1.5, 8.12 *dichloro*-4.9 *dodécane*; $C_{12}H_{20}O_2Cl_2$: F 135°; Cl %, trouvé 26,15, calculé 26,59.

— Hydrogénat de (V) : *Diépoxy*-1.4, 7.10 *dichloro*-3.8 *décane* ; $C_{10}H_{16}O_2Cl_2$: $É_{24}$ 180°; d_4^{24} 1,220; n_D^{24} 1,4960; Cl %, trouvé 29,40, calculé 29,71.

En fixant sur (III) une seule molécule d'hydrogène, nous avons préparé le *diépoxy*-1.5, 8.12 *dodécène*-6 : $C_{12}H_{20}O_2$ $É_{20}$: 144°; $d_4^{21,5}$ 0,992; $n_D^{21,5}$ 1,4820; C %, trouvé 72,95, calculé 73,47; H %, trouvé 10,10, calculé 10,21, dont le dérivé *dibromé* $C_{12}H_{20}O_2Br_2$ fond à 122°, Br %, trouvé 43,85, calculé 44,94.

(1) Travaux de R. Paul, H. Normant, O. Riobé et leurs collaborateurs.
(2) *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, 30, 1913, p. 490.
(3) M. Lamant, *Bull. Soc. Chim.*, 20, 1953, p. 920.
(4) R. Paul, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 122.
(5) H. Normant, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 185.

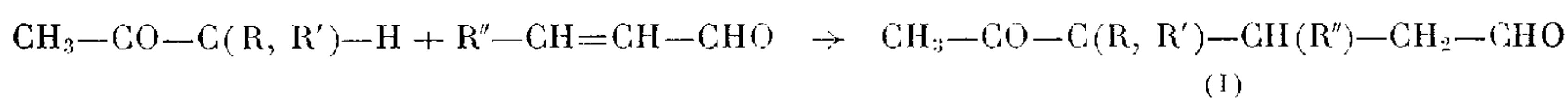
CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction d'addition de Michael entre aldéhydes α-éthyléniques et cétones saturées*. Note de MM. **Jean Colonge**, **Jacques Dreux** et **Michel Thiers**, présentée par M. Marcel Delépine.

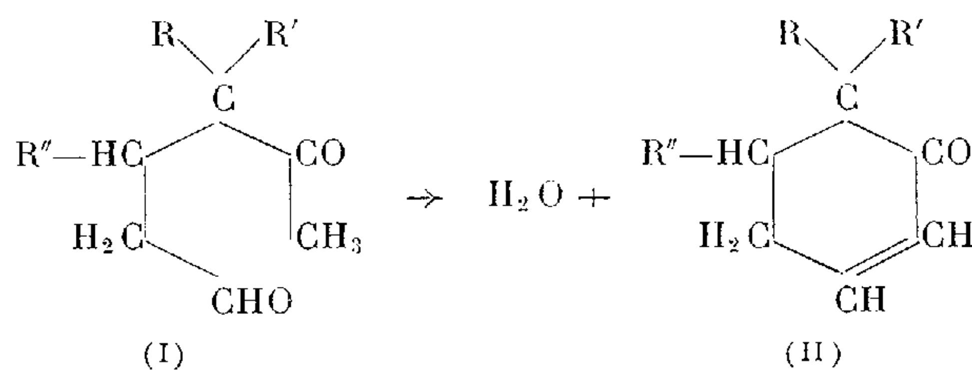
Les cétones aliphatiques saturées s'additionnent sur l'acroléine et sur l'aldéhyde crotonique pour donner des cyclohexènones par l'intermédiaire de δ-cétoaldéhydes.

La réaction de Michael entre *cétones α-éthyléniques* et cétones saturées a déjà fait l'objet d'un certain nombre de travaux; nous avons montré (1) qu'il se fait des δ-dicétones pouvant se cycliser en β-cétols ou en leurs produits de déshydratation, des cyclohexènones. Il était intéressant d'appliquer ce type de condensation entre *aldéhydes* α-éthyléniques et cétones saturées. Or, si l'on excepte les résultats de Meerwein (2) concernant l'addition de la désoxybenzoïne sur la liaison éthylénique de certains aldéhydes, on constate que seule la

réaction de cétolisation a été observée entre aldéhydes α-éthyléniques et cétones saturées aliphatiques ou cyclaniques.

Nous avons donc entrepris une étude générale sur la réaction d'addition et nous avons constaté qu'il était possible, selon les conditions expérimentales, d'obtenir soit les δ-cétoaldéhydes (I), soit les cyclohexènones (II) :





Cette Note concerne uniquement l'obtention de cyclohexénones qui se préparent en faisant tomber, goutte à goutte, l'aldéhyde α-éthylénique (0,5 mole) dans la cétone (4 moles) aliphatique saturée, additionnée de 10 à 15 cm^3 de potasse méthylique 2 N, la température montant librement jusqu'à 50-60°; on neutralise et rectifie. Les rendements sont assez faibles (20 à 40 %).

Méthyl-1 *cyclohexène*-3 *one*-2 $C_7H_{10}O$ ($R=CH_3$; $R'=R''=H$). — A partir de l'acroléine et de la méthyléthylcétone; Rdt 40 %. Liquide, $É_{18}$ 90-94°; par hydrogénation catalytique conduit à la méthyl-1 cyclohexanone-2 dont la *semicarbazone* F 197°, en accord avec les données antérieures.

Diméthyl-1, 2 *cyclohexène*-4 *one*-3 $C_8H_{12}O$ ($R=CH_3$; $R'=H$; $R''=CH_3$). — A partir de l'aldéhyde crotonique et de la méthyléthylcétone; Rdt 35 %. Régénérée de sa semi-carbazone liquide $É_{18}$ 85°; d_4^{21} 0,907; n_D^{21} 1,5242; *semicarbazone* F 208°; l'hydrogénation catalytique de la cétone éthylénique conduit à la *diméthyl*-1, 2 *cyclohexanone*-3 dont la *semicarbazone* F 204°; l'hydrogénation par le sodium et l'eau fournit le *diméthyl*-1, 2 *cyclohexanol*-3 dont l'*α-naphtyluréthanne* F 140°, en accord avec Farmer et Sutton ([3]).

D'autre part, l'alcool secondaire déshydraté fournit un diméthylcyclohexène qui, par déshydrogénation donne de l'*o*-xylène caractérisé par oxydation en acide *o*-phtalique. La constitution de la diméthylcyclohexénone est donc confirmée.

Éthyl-1 *cyclohexène*-3 *one*-2 $C_8H_{12}O$ ($R=C_2H_5$; $R'=R''=H$). — A partir de l'acroléine et de la méthylpropylcétone; Rdt 20 %; liquide, $É_{15}$ 80-85°; *dinitrophénylhydrazone* F 150°. Par hydrogénation catalytique donne l'*éthyl*-1 *cyclohexanone*-2 dont la *semicarbazone* F 161°, en accord avec Vavon et Mitchovitch ([4]).

Méthyl-1 *éthyl*-2 *cyclohexène*-4 *one*-3 $C_9H_{14}O$ ($R=C_2H_5$; $R'=H$; $R''=CH_3$). — A partir de l'aldéhyde crotonique et de la méthylpropylcétone; Rdt 30 %.

Liquide, $É_{15}$ 95-98°; *dinitrophénylhydrazone* F 120°; par hydrogénation catatytique donne la *méthyl-*1 *éthyl-*2 *cyclohexanone-*3 $É_{21}$ 106°.

*Diméthyl-*1.1 *cyclohexène-*3 *one-*2 $C_8H_{12}O$ ($R = R' = CH_3$; $R'' = H$). — A partir de l'acroléine et de la méthylisopropylcétone; Rdt 12 %. Liquide, $É_{20}$ 85-90°; *dinitrophénylhydrazone* F 172°, en accord avec Ramirez et Kirby (5). L'hydrogénation catalytique fournit la *diméthyl-*1.1 *cyclohexanone-*2 dont la *semicarbazone* F 195°, en accord avec Haller et Cornubert (6).

*Triméthyl-*1.2.2 *cyclohexène-*4 *one-*3 $C_9H_{14}O$ ($R = R' = R'' = CH_3$). — A partir de l'aldéhyde crotonique et de la méthylisopropylcétone; Rdt 22 %; liquide, $É_{15}$ 90-95°; *semicarbazone* F 171°; par hydrogénation catalytique conduit à la *triméthyl-*1.2.2 *cyclohexanone-*3 dont la *semicarbazone* F 211° alors que Chakravarti (7) indique F 214°.

Dans une prochaine publication nous décrirons la formation de δ-cétoaldéhydes entre aldéhydes α-éthyléniques et cétones saturées aliphatiques ou cyclaniques.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1504; et 238, 1954, p. 693; *Bull. Soc. Chim.*; 1955, p. 250.

(2) *Journ. prakt. Chem.*, 97, 1918, p. 225; *Ber. deuts. Chem. Gesell.*, 53, 1920, p. 1829.

(3) *Chem. Soc.*, 1946, p. 10.

(4) *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 963.

(5) *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 4333.

(6) *Bull. Soc. Chim.*, 41, 1927, p. 376.

(7) *Chem. Soc.*, 1947, p. 1567.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations géomagnétiques.* Note (*) de M. **Osman Sipahioglu**, présentée par M. Charles Maurain.

Une discussion des travaux consacrés aux relations entre l'activité solaire et les perturbations géomagnétiques nous a conduit à penser que la voie la plus sûre était, aujourd'hui encore, d'appliquer le procédé des époques superposées à des cas choisis pour une détermination précise de l'heure. Les documents répondant le mieux sont les Tables de S. F. E. (Solar flare effects) certains, de S. S. C. (Storm sudden commencements) et de S. I. (Sudden impulses) publiées sans interruption depuis 1949, dans les *Bulletins de l'Association Internationale de Magnétisme* (1). On y classe les S. F. E. en trois groupes : certains, douteux et rejetés; on indique pour tous les cas les noms des observatoires qui les ont pris pour certains et pour douteux; de même pour les S. S. C. et les S. I.

Nous ne nous sommes guère préoccupé des S. F. E. douteux, et jamais des S. F. E. rejetés. Pour quelques-uns des 8 S. F. E. de l'année 1954 on a signalé dans le *Bulletin I. A. G. A.*, n° 12*i*, la possibilité qu'ils soient douteux. Mais parmi les 10 S. C. correspondants à ces S.F.E. aucun n'est tombé dans les inter-

valles offrant un intérêt spécial pour notre résultat final. En outre, nous avons retenu, à la suite d'une vérification faite sur les magnétogrammes de l'Observatoire de Chambon-la-Forêt, 31 S. F. E. parmi 32 enregistrés à Witteveen pendant la période 1939-1949, et considérés par cet Observatoire comme remarquables. Nous avons cherché ensuite, dans les Tables citées et sur les enregistrements des observatoires de Chambon-la-Forêt et d'Istanbul-Kandilli tous les S. S. C. et les S. I. qui tombent dans les cinq premiers jours à partir du début de chaque S. F. E. Quelques-uns de ces débuts brusques (S. C.) étaient considérés par certains observatoires comme douteux. Nous les avons tous contrôlés à l'aide des magnétogrammes cités; nous avons apporté un soin encore plus grand au choix des S. I., car leur identification, plus que celle des autres phénomènes, est susceptible d'être entachée d'erreurs. Ajoutons que le nombre des observatoires annonçant ces cas comme certains tombe exceptionnellement (pour 5 S. S. C. et 8 S. I.) au-dessous de 16 pour les S. S. C. et 8 pour les S. I. Bref, nous avons tout fait pour obtenir des cas exempts de doute. Ceux qui ont été retenus pour la période 1939-1954 comprennent 216 S. F. E., 64 S. S. C. et 67 S. I. distincts. On nous reprochera peut-être la faiblesse de ces nombres. Mais il nous a paru plus important de ne retenir que des cas vraiment dignes de confiance. Le nombre de cas envisagés dans les travaux antérieurs les plus consciencieux est à peu près du même ordre de grandeur.

Après quelques essais préalables, nous avons choisi, pour étudier notre distribution, des intervalles de 5 h à partir du début des S. F. E.; quatre cas sont tombés aux bornes d'intervalles ne présentant aucun intérêt pour le résultat final. Le tableau I résume la distribution obtenue : Considérons d'abord les nombres correspondant au total S. S. C. + S. I. La moyenne des fréquences f est $f_0 = 8,5$ et l'écart-type $E_T = \sqrt{\Sigma(f - f_0)^2/n}$ autour de cette moyenne est 3,1. On voit que la valeur de f correspondant à l'intervalle 25-20 h s'écarte de f_0 de 2,7 fois E_T, et que le rapport $(f - f_0)/E_T$ reste pour les autres intervalles au-dessous de 1,1.

Tableau I.

Heures..	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
S. S. C...	4	7	1	2	5	6	5	6	8	4	4	6	7	3	5	3	2	4	2	6	0	4	5	9	(6
S. I......	0	0	6	6	7	11	3	4	3	0	6	2	5	7	3	4	7	2	1	5	5	1	5	2	(6
SSC+SI.	4	7	7	8	12	17	8	10	11	4	10	8	12	10	8	7	9	6	3	11	5	5	10	11	(13

Ce résultat à première vue semble montrer que la valeur déjà trouvée pour le retard de phénomènes terrestres sur les éruptions chromosphériques ([2]) par C. E. Hale et ses successeurs est proche de la réalité, toutes réserves étant faites sur la précision avec laquelle ce retard peut être déterminé. Mais si l'on considère séparément les fréquences des S. S. C. et des S. I. on constate que les choses se passent tout à fait différemment dans les deux cas :

Pour les S. I., f_0 et E_T sont, respectivement, 4,0 et 2,7. La valeur de f

relative à 25-30 h s'écarte de f_0 de 2,6 fois E_T; c'est-à-dire presque autant de fois que celle concernant le total S. S. C. + S. I. relativement au même intervalle. Le rapport $(f-f_0)/E_T$ ne s'élève qu'à la valeur 1,1 seulement pour trois intervalles 20-25 h; 65-70 et 80-85 h. Et d'après les indications des *Bulletins* et nos constatations, 4, 4, et 7 cas parmi les 7 cas qui tombent dans chacun de ces intervalles sont des cas faibles, tandis que parmi les 11 cas de 25-30 h, 4 seulement le sont. Ainsi, le maximum qui apparaît dans l'intervalle 25-30 h est incontestable. Il est important de remarquer, d'autre part, qu'on ne trouve aucun cas entre le début des S. F. E. et les dix premières heures suivantes, et que le nombre des cas croît régulièrement jusqu'au maximum.

Les fréquences des S. S. C. se distribuent tout autrement : $f_0 = 4,9$; $E_T = 2,2$. La valeur de f relative à 25-30 h s'écarte de f_0 d'à peine 0,5 fois l'écart type. Le rapport $(f-f_0)/E_T$ peut atteindre 1,4 et 1,8 pour les intervalles 40 — 45 h et 115-120 h. On voit que pour ces fréquences, il n'est pas question d'un maximum à proprement parler, mais plutôt d'un bombement centré entre 40-45 h. On le voit mieux en lissant d'après la formule $(1/4)\,(u_{n-1} + 2u_n + u_{n+1})$; bien que le résultat soit encore irrégulier, surtout au début et à la fin, on trouve en effet :

$u_{n-1} + 2u_n + u_{n+1} =$ 19, 11, 10, 18, 22, 22, 25, 26, 20, 18, 23,
18, 16, 13, 11, 12, 14, 18, 10, 13, 23.

La même transformation faite sur les fréquences des S. I. donne :

$u_{n-1} + 2u_n + u_{N+1} =$ 6, 18, 25, 31, 32, 21, 14, 10, 9, 14, 15,
19, 22, 17, 18, 20, 12, 9, 16, 16, 12, 13.

Le tableau II préparé en choisissant 86 cas de phénomènes particulièrement nets montre encore plus clairement ce que nous venons de dire.

TABLEAU II.

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
4	6	1	2	4	6	5	6	6	2	4	6	6	2	4	3	2	3	2	5	0	2	5	7		(52 cas)
0	0	1	3	3	7	2	4	2	0	3	2	2	3	2	3	0	1	0	3	4	1	4	1		(34 cas)

Ainsi il importe de distinguer, dans l'association d'une perturbation magnétique à un S. F. E. qui la précède, le cas où elle se manifeste par un orage et celui où elle se manifeste par une impulsion isolée (S. I.). Dans le premier cas on voit que la corrélation éruption-orage est très floue comme un certain nombre d'observations antérieures le laissait soupçonner. Dans le second cas nous pensons avoir apporté un élément nouveau en montrant que l'intervalle de temps entre le S. F. E. et le S. I. qui le suit peut être défini avec une précision beaucoup plus grande, un maximum net se présentant entre les heures 25 et 30.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) *I. A. T. M. E. Bull.*, 12c, 12e, 12f, 12g, 12h et *I. A. G. A. Bull.*, 12i.

(2a) *Astrophys. J.*, 73, 1931, p. 379.

(2b) CH. MAURAIN, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1182; *4e rapport de la Commission pour l'étude des relations entre les phénomènes solaires et terrestres*, 1936, p. 74.

(2c) J. COULOMB, *Transactions of Washington Meeting*, Bull. n° 11, 1936, p. 391.

(2d) H. W. NEWTON, *M. N.*, 103, 1943, p. 244; 104, 1944, p. 4.

(2e) C. W. ALLEN, *M. N.*, 104, 1944, p. 12.

(2f) M. BURGAUD, *Observatoire de Zi-Ka-Wei*, 11, 1947, p. 47.

(2g) H. W. NEWTON et W. JACKSON, 7e rapport, 1951, p. 107.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Au sujet du facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour, sur la côte Ouest de la Corse.* Note (*) de M. **ALEXANDRE IVANOFF**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans les eaux corses, le facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour atteint 60 %, par ciel pur, et à faible profondeur.

Les résultats qui suivent ont été établis sur la côte Ouest de la Corse, entre Calvi et Porto, à l'aide d'un polariscope de Savart manié en scaphandre autonome, suivant une méthode photographique déjà utilisée antérieurement dans la rade de Villefranche (1), (2) et à Roscoff (3). Quatre séries de mesures ont été faites :

1° A l'îlot Palazzo, le 11 septembre 1956 à 11 h, par ciel légèrement couvert se découvrant complètement durant la plongée :

	ρ (4).
à 10 m de profondeur, à l'horizontale dans une direction normale à celle du Soleil	0,18
à 20 m de profondeur, à l'horizontale dans une direction normale à celle du Soleil	0,34

2° Au Cap Palazzo, le 12 septembre 1956 à 11 h 30 ($i = 48°$, $i' = 34°$) par ciel bleu ($\rho = 0,42$ à l'horizon dos au Soleil, $\rho \# 0,8$ à 45° de l'horizon dos au Soleil) :

	ρ.
à 5 m de profondeur, à l'horizontale dos au Soleil	0,60
à 10 m » » »	0,50
à 15 m » » »	0,52
à 20 m » » »	0,48

3° Au cap Revelleta, le 16 septembre 1056 à 11 h 30 ($i = 48°$, $i' = 34°$), par ciel bleu ($\rho \# 0,35$ à l'horizon dos au Soleil, $\rho \# 0,85$ à 45° de l'horizon dos au Soleil, $\rho \# 0,2$ au zénith) :

	ρ.
à 5 m de profondeur, à la verticale vers le haut	0,10
à 10 m » » »	0,06
à 15 m » » »	0,06
à 20 m » » »	0,06

4° Au large de Calvi, le 16 septembre 1956 à 16 h 30 ($i = 68°$, $i' = 44°$), par ciel bleu, à 15 m de profondeur :

	ρ.
à la verticale vers le haut	0,38
à 45° vers le haut, face au Soleil	0,07
à l'horizontale, face au Soleil	0,09
à 45° vers le bas, face au Soleil	0,60
à la verticale vers le bas	0,21
à 45° vers le bas, dos au Soleil	<0,03
à l'horizontale, dos au Soleil	0,20
à 45° vers le haut, dos au Soleil	0,24

Pour toutes ces mesures, faites dans un plan vertical passant par l'observateur et par le Soleil, le champ électrique prédominant est horizontal, en accord avec les résultats obtenus à Villefranche et à Roscoff.

De ces mesures il semble que l'on puisse tirer les conclusions suivantes :

1° En accord avec les résultats obtenus antérieurement à Roscoff ([3]), le facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour passe par un maximum dans les directions normales à la direction apparente du Soleil dans la mer (4e série de mesures), et au contraire par un minimum dans la direction du Soleil ou de son opposé.

2° Dans les eaux très limpides de la Corse ([5]), l'influence de la polarisation du ciel semble être notable même à 20 m de profondeur. Ainsi dans la première série de mesures, ρ est presque deux fois plus grand à 20 m qu'à 10 m de profondeur, le ciel s'étant découvert entre temps. Par ailleurs le facteur de polarisation sous-marine dans la direction du zénith est beaucoup plus grand dans la quatrième que dans la troisième série de mesures, le Soleil étant plus bas sur l'horizon, ce qui augmente la polarisation de la partie zénithale de la voûte céleste. Il semblerait, d'après la deuxième et la troisième série de mesures, que si l'influence de la polarisation du ciel s'atténue assez rapidement entre la surface et une profondeur de l'ordre de 10 m, elle ne s'atténue que très lentement aux profondeurs plus grandes.

3° Tandis qu'à Villefranche et à Roscoff le facteur de polarisation sous-marine ne semble guère dépasser 30 à 35 % (par ciel bleu et à faible profondeur) ([1]), ([2]), ([3]), en Corse il atteint 60 % (2e et 4e séries de mesures). Mais il est probable que cette augmentation du facteur de polarisation sous-marine est due tout au moins en partie à une augmentation de la polarisation du ciel, et à une plus forte influence de cette dernière. Il serait indispensable de faire en Corse des mesures par ciel couvert, ou à grande profondeur.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1809.

(2) A. Ivanoff, *Annal. Géophys.*, 12, 1956, p. 45.

(3) A. Ivanoff, *Comptes rendus* (sous presse).

(4) Nous appelons facteur de polarisation ρ le rapport I_p/I de l'intensité de la lumière polarisée à l'intensité totale. Nous appelons i et i' les angles d'incidence et de réfraction correspondant aux rayons solaires directs.

(5) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1345.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Résultats des premiers travaux français effectués avec un mesureur électrique de courant à électrodes remorquées.* Note (*) de M. **Jean Martin**, présentée par M. Donatien Cot.

Un mesureur électrique de courant à électrodes remorquées a été réalisé pour la première fois en France. Il a d'abord été essayé en comparant ses résultats avec ceux obtenus par la mesure directe des courants, puis a été utilisé à faire des mesures dans l'océan Indien et l'océan Austral. Lorsque la ligne des électrodes n'est pas horizontale on reçoit un signal parasite facile à calculer dont il est nécessaire de tenir compte.

La méthode électrique de mesure des courants marins au moyen d'électrodes remorquées a été mise au point et vulgarisée par von Arx (1). Plus récemment les aspects théoriques de la méthode ont été développés par Longuet-Higgins, Stern et Stommel (2).

Principe. — Un bateau remorque au voisinage de la surface de l'eau un câble à deux conducteurs de 200 m de long. A 100 et à 200 m du bateau sont fixées sur le câble et reliées à chaque conducteur par des épissures étanches deux électrodes impolarisables Ag/AgCl. On mesure, au moyen d'un potentiomètre automatique enregistreur, la différence de potentiel existant entre les extrémités du câble. Lorsque la ligne des électrodes est horizontale cette différence de potentiel est indépendante de la vitesse du bateau et directement proportionnelle à la composante de vitesse du courant marin perpendiculaire au cap suivi par le bateau d'une part et à la composante verticale du champ magnétique terrestre H_z d'autre part.

Erreur d'enfoncement. — Lorsque la ligne des électrodes n'est pas horizontale et que l'électrode arrière est plus enfoncée que l'électrode avant, ce qui est le cas général, au signal utile défini ci-dessus se superpose un signal parasite constituant l'erreur d'enfoncement. Nous avons établi que l'erreur d'enfoncement e est donnée par la formule

$$e(\text{mV}) = 0{,}0515\,H_x h V_{e0},$$

H_x, composante horizontale du champ magnétique terrestre en gauss;
h, différence d'enfoncement des deux électrodes, en mètres;
V_{e0}, composante suivant la direction Est-Ouest magnétique de la vitesse; relative V du bateau, en nœuds.

Cette erreur d'enfoncement est indépendante du courant marin. Son sens est donné par la règle suivante : si l'on fait route vers l'Est magnétique, le fil provenant de l'électrode arrière devient positif, et inversement.

L'enfoncement h ne pouvant être mesuré directement, l'erreur d'enfoncement, qui avait été négligée dans les travaux antérieurs, ne peut se déterminer que de deux façons, soit qu'on ait mesuré par une autre méthode les courants rencontrés pendant un enregistrement du courantomètre, soit que ces courants ne donnent lieu à aucun signal, cas qui se présente à l'équateur magnétique où $H_z = 0$. L'erreur d'enfoncement ayant été ainsi déterminée, on en déduit immédiatement la valeur de l'enfoncement h mètres.

Réalisation. — En nous basant sur les travaux cités nous avons réalisé un courantomètre à électrodes remorquées qui, après avoir effectué des essais devant Cherbourg à bord du bâtiment hydrographe *I. H. Nicolas* a été installé sur le *Norsel*, navire transportant en Terre Adélie la première expédition française antarctique de l'Année Géophysique.

Essais. — Au cours des essais de Cherbourg la composante de courant perpendiculaire à la direction du cap suivi était déterminée directement par la dérive du bateau, mesurée avec précision grâce au système de navigation Decca.

Attribuant un signe aux composantes du courant comme aux tensions enregistrées, on a trouvé la relation linéaire suivante entre la vitesse de la composante transversale exprimée en nœuds et la d. d. p. totale enregistrée par le mesureur de courant en millivolts : nœuds $= (\text{mV} - 0{,}38)/1{,}0905$. La quantité 0,38 mV représente l'erreur d'enfoncement et correspond à un enfoncement h de 7,65 m pour les conditions de l'expérience (densité du câble remorqué 1,62, vitesse 6,6 nœuds).

La relation théorique entre les nœuds et les millivolts, abstraction faite de l'erreur d'enfoncement, est : nœuds $= k\,\text{mV}/5{,}15\,H_z$, H_z étant égal à 0,424 gauss pour la région où les essais ont été effectués, cette relation devient : nœuds $= k\,\text{mV}/2{,}1836$, d'où il résulte pour k la valeur $2{,}1836/1{,}0905 = 2{,}002$, en accord avec la valeur donnée par von Arx pour des conditions analogues. (La valeur de k dépend de l'épaisseur de la couche superficielle entraînée par le courant, de la profondeur totale et de la conductibilité du fond de la mer.)

Les essais de Cherbourg ont donc montré expérimentalement qu'il fallait tenir compte de l'erreur d'enfoncement et que, compte tenu de cette erreur, et en admettant un coefficient k constant, la concordance entre les mesures de courant par la dérive du bateau (Decca) et par le mesureur électrique de courant était excellente, l'écart quadratique moyen entre les deux séries de mesures étant inférieur à 7/100e de nœud.

Passage de l'équateur magnétique. — Au cours de la traversée du *Norsel*

des mesures spécialement effectuées au passage de l'équateur magnétique ont permis de déterminer avec précision l'erreur d'enfoncement. L'enfoncement h a été trouvé égal en moyenne à 3,70 m (à $\pm$ 10 cm près) pour les conditions de l'expérience (densité du câble remorqué environ 1,2, vitesse 10 nœuds).

Pratique des mesures. — Pour obtenir une détermination complète de courant il est nécessaire de déterminer deux composantes, c'est-à-dire de suivre une route en créneaux, chaque segment parcouru fournissant la composante de courant qui lui est perpendiculaire. Pour un courant de surface en plein océan, la valeur du coefficient k figurant dans la relation théorique est égale à 1.

Si l'on détermine ainsi le vecteur courant sans tenir compte de l'erreur d'enfoncement, on obtient un courant qui est la somme géométrique du courant existant réellement et d'un courant fictif (toujours dirigé vers le Nord magnétique pour des mesures faites dans l'hémisphère magnétique Sud) facile à déterminer si l'on connaît l'enfoncement h. La correction d'enfoncement se fait donc simplement.

Résultats. — Nous avons obtenu plus de 100 déterminations complètes de courant dans l'océan Indien et dans l'océan Austral. Les structures fines trouvées s'intègrent dans le schéma général des courants déjà connu. Ainsi par exemple on constate que le courant Équatorial Sud est nettement marqué, aussi bien à l'aller qu'au retour.

Au retour (fin février) le contre-courant équatorial est très nettement marqué et ses limites se trouvent en accord avec celles portées sur les cartes les plus récentes.

A l'aller (mi-novembre) un courant portant à l'Est a été rencontré au Nord des Seychelles et en une journée on est entré dans le courant Équatorial Sud dont le maximum (1,6 nœud) est constaté au Nord.

Au Sud du 17e parallèle Sud le régime de courant devient beaucoup plus variable, dans la zone de transition entre le courant Équatorial Sud et celui de la zone des vents d'Ouest.

Dans la partie orientale de la grande baie australienne on retrouve le tourbillon de courant habituellement porté sur les cartes.

Remarque. — Certaines corrélations ont pu être mises en évidence entre la température superficielle de la mer et la direction des courants mesurés. En particulier on a trouvé que le contre-courant équatorial était un courant froid, la différence des températures de surface lorsqu'on passe du courant Équatorial Sud dans le contre-courant étant d'environ 1°,3.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) *Papers in physical oceanography and meteorology* published by Massachussets Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution, **11**, n° 3, mars 1950.

(2) *Ibid.*, **13**, n° 1, novembre 1954.

MÉTÉOROLOGIE. — *Une image hydrodynamique du courant de la haute atmosphère.* Note (*) de M. **Georges Dedebant**, présentée par M. Joseph Pérès.

On construit, à partir des équations du vortex circumpolaire et de la distribution méridienne de la température, une image du « jet stream » planétaire qui en contient les caractères essentiels.

1. Les météorologistes américains J. Namias et P. F. Clapp appellent « jet stream » (J. S.) un canal de maximum du vent géostrophique moyen mensuel, et lui attribuent un caractère planétaire. S'il en est ainsi, on doit en obtenir une image approximative, en raisonnant sur un globe poli et uniforme, et une atmosphère de gaz parfait.

Notations : (x, y), coordonnées cartésiennes; (φ, r), polaires; z, altitude; g, accélération de la pesanteur (force centrifuge incluse); Ω et ω, vitesses de rotation du vortex et de la Terre; $V = (\Omega - \omega) r \cos\varphi$, vitesse du vent; P, ρ, T, pression, densité, température; $b = g/R = 3{,}42°C/100$ m, gradient isostérique; $q_a = 4{,}5$, paramètre polytropique adiabatique de l'air atmosphérique (correspondant à $5 + 2 = 7$ degrés de liberté, donc à $\beta_a = b/q_a = 0{,}76°C/100$ m).

2. La Mécanique du vortex se résume par l'équation aux différentielles totales

$$g\,dr + \frac{dP}{\rho} - (\Omega^2 - \omega^2)x\,dx = 0,$$

dont on déduit

$$\frac{\partial \log P}{\partial r} = -\frac{g}{RT} \quad \text{(équil. vert.)}; \qquad \frac{\partial \log P}{\partial \varphi} = -(\Omega^2 - \omega^2) r^2 \sin\varphi \cos\varphi \quad \text{(vent géostr.)},$$

$$r^2 \cos\varphi . \frac{d\Omega^2}{dy} = 2\Omega r, \quad \frac{dV}{dy} = -\frac{g}{T}\left[\frac{\partial T}{\partial \varphi} + (\Omega^2 - \omega^2) r^2 \beta \frac{\sin\varphi \cos\varphi}{g}\right].$$

La Thermodynamique du vortex s'obtient à partir de l'entropie

$$S = R \log(T^{q_a} P^{-1}),$$

dont les dérivées premières sont :

$$\frac{\partial S}{\partial r} = \frac{g}{R\beta_a}(\beta_a - \beta); \qquad \frac{\partial S}{\partial \varphi} = \frac{g}{T\beta_a}\left[\frac{\partial T}{\partial \varphi} + \frac{\beta}{g}(\Omega^2 - \omega^2) r^2 \sin\varphi \cos\varphi\right].$$

On notera que

$$r^2 \cos\varphi \frac{d\Omega^2}{dy} = -\beta_a \frac{\partial S}{\partial \varphi}.$$

3. Avec la loi schématique de température :

$$T = T_0 - z\beta(r) + a \cos^2\varphi,$$

on a :

$$r^2\frac{d\Omega^2}{dy} = -\frac{g}{R}\sin\varphi\left[(\Omega^2-\omega^2)\,r^2\frac{\beta}{g} - 2a\right].$$

a. Cas polytropique (β constant). — Il existe à une (ou plusieurs) latitudes, une direction vers le pôle, le long de laquelle la rotation est stationnaire ($d\Omega/dy = 0$). La vitesse $V_m = ga\cos\varphi/\omega r\beta$ rentre dans l'ordre de grandeur (≈ 50 m/sec) et exprime bien la variation de l'hiver à l'été. De plus (à une approximation légitime près) : $d^2\Omega^2/dy^2 = 0$; l'indicatrice de courbure est parabolique.

Corrélativement $\partial S/\partial\varphi = 0$. Si l'on accepte que la moyenne et haute troposphère est en équilibre adiabatique (avec le gradient 0,76 °C/100 m), S ne dépend que de φ et $\partial^2 S/\partial\varphi^2 = 0$.

Ainsi l'on aboutit à l'image d'un canal d'air fortement individualisé au sein de l'ambiance et tournant presque en bloc ; les zones d'échange seraient concentrées sur ses rives.

b. Cas de β fonction de r. — Il y a un max. absolu ($\partial V/\partial\varphi = \partial V/\partial r = 0$) et les isocinétiques sont *centrées*. Au voisinage du centre, la fonction dissipative étant nulle, règne l'adiabatisme ($\partial S/\partial r = \partial S/\partial\varphi = 0$). Comme il ne peut s'agir que d'un maximum d'entropie : $\partial\beta/\partial r > 0$; le gradient est suradiabatique au-dessus du jet (disparition de la tropopause ?).

4. Admettons maintenant des variations dans le lit du courant.

a. De l'adiabatisme du J. S., doit résulter une forte corrélation entre sa latitude et celle du parallèle de bilan radiatif nul (position plus méridionale en hiver qu'en été).

b. Assimilons le J. S. à un écoulement *laminaire limite* ; il serait contrôlé par le nombre de Reynolds planétaire $VL/\nu^* \approx 2000$ ($\nu^* \approx 10^8$ C. G. S.) ; le jet est donc d'autant plus rapide qu'il est étroit. D'autre part, d'après l'équation de continuité : $\rho VL = \text{const.}$, à un niveau donné, d'où $\rho = \text{const.}$ (isostérisme des transformations, corroboré par l'interférence statistique que l'auteur a tirée des vieilles données aérologiques de Dines).

c. Si le J. S. est *stationnaire* (cas de l'Est chinois, selon Yeh), $P + (1/2)\rho V^2 = \text{const.}$ sur un filet fluide ; donc le maximum de baisse horizontale de pression, qui est 4,5 fois l'adiabatique (soit 5° C pour 10 mb ou $\Delta V = 20$ m/sec), est capable de rendre compte de la coïncidence observée du centre du J. S. avec le maximum de précipitations. Cela attire l'attention sur l'effet *direct* (autrefois écarté) de la baisse horizontale de pression, dans la production de vastes organisations nuageuses stratiformes.

d. La transformation du J. S. laminaire en régime turbulent correspondrait à la cyclogénèse dans les zones de « *delta* » (Scherhag).

(*) Séance du 29 octobre 1956.

BOTANIQUE. — *Étude de la couche protectrice sur les souches de deux* Rumex.
Note de M[lle] **Yvonne Jacquety**, présentée par M. Raoul Combes.

Cette couche subérifiée, continue et peu épaisse tire son origine de processus impliquant une brève activité cambiale et qui diffèrent au niveau des entre-nœuds et au niveau des feuilles.

Le *Rumex crispus* L. et le *Rumex obtusifolius* D. C. sont deux Polygonacées vivaces. La plante se multiplie par germination de semences; la croissance édifie une souche qui s'épaissit. La souche, verticale, est à entre-nœuds très courts; elle s'achève par une portion aérienne allongée qui se construit au moment de la floraison. Un bourgeon axillaire d'une des feuilles de la base donne l'année suivante une nouvelle souche verticale. L'élargissement des souches provoque progressivement une distension des feuilles les plus âgées. Ces dernières, quelle que soit la saison, jaunissent, se dessèchent et persistent en un manchon protecteur. Lorsque ce manchon disparaît, la surface se trouve recouverte d'un tissu brunâtre que cachaient les bases foliaires. Nous avons étudié la nature et l'ontogenèse de ce tissu.

Le schéma (*fig.* 1, A) représente une coupe longitudinale axiale d'un sommet d'une souche de *R. obtusifolius*; elle a été pratiquée à un stade précédant le développement de la tige aérienne. A la base du schéma une zone sombre (*z*), périphérique et continue, épaisse de trois à quatre cellules, entoure l'écorce au niveau des entre-nœuds et isole les lambeaux foliaires des parenchymes corticaux au niveau des insertions foliaires; c'est vers l'apex que nous trouvons les tissus précurseurs de cette couche protectrice.

A. *Nature de la couche protectrice.* — Elle se distingue des tissus voisins (collenchyme et parenchyme corticaux, parenchyme foliaire) par ses cellules à parois épaisses et subérifiées. La subérine a été décelée par les tests microchimiques classiques rouge soudan III, violet de gentiane ammoniacal, SO_4H_2 après $I_2 + IK$); la lamelle moyenne seule reste cellulosique. La plupart des cellules sont mortes et remplies de tanins.

La couche subérifiée, continue, se présente sous un aspect différent au niveau des nœuds et des entre-nœuds (1).

1. Au niveau des entre-nœuds de la base, elle se situe sous l'épiderme et a l'aspect d'un périderme avec ses cellules rectangulaires semblables aux cellules d'un cambium (*c. c.*).

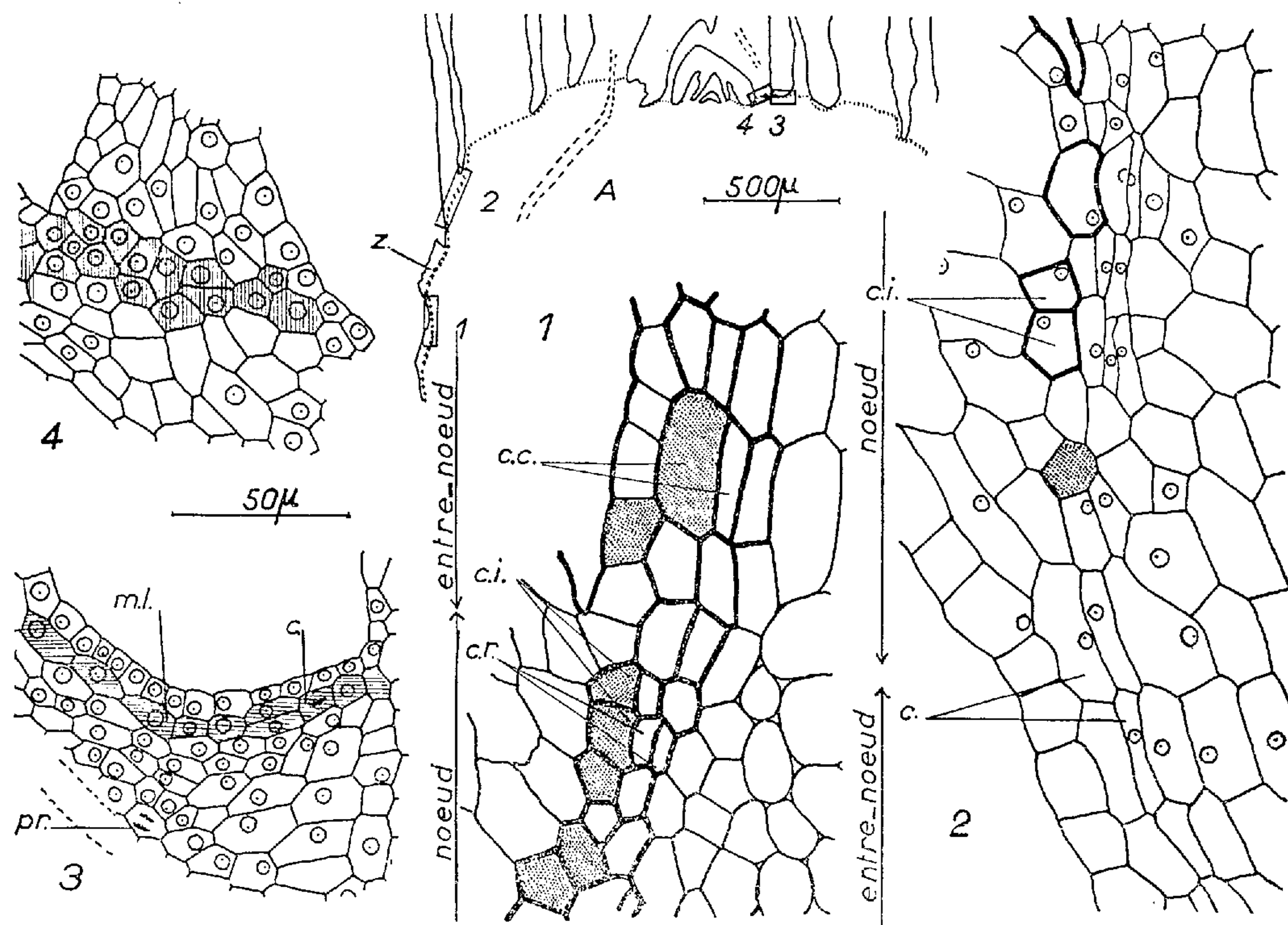
2. Au niveau des lambeaux foliaires, en continuité avec le périderme se trouvent des cellules subérifiées, mais de forme moins régulière. La couche se compose ici :

a. vers l'extérieur, d'une ou deux rangées de petites cellules isodiamétriques d'origine primaire (*c. i.*);

b. vers l'intérieur, sous ces premières sont empilées des cellules de même dimension mais rectangulaires et disposées en files (*c. r.*);

c. dans les parties âgées, le parenchyme vasculaire et les tubes criblés sont chargés de tanins et leurs parois imprégnées de subérine.

Par suite de la juxtaposition de cellules subérifiées au niveau des nœuds et des entre-nœuds, la subérification périphérique est ainsi continue.



A. Schéma de la coupe axiale d'une souche de *Rumex obtusifolius*; (*z*) zone continue.

1. La couche protectrice subérifiée. Les épaisseurs des membranes sont figurées schématiquement. Le pointillé correspond aux cellules à tanins :
   — au niveau de l'entre-nœud : cellules rectangulaires secondaires à parois épaisses et subérifiées (*c. c.*);
   — au niveau d'un nœud : vers l'extérieur, cellules isodiamétriques primaires (*c. i.*); vers l'intérieur, cellules rectangulaires (*c. r.*), toutes à parois épaisses et subérifiées.
2. Ontogenèse de la couche protectrice :
   — au niveau d'un entre-nœud; le cambium (*c.*) en fonctionnement, source du périderme;
   — au niveau d'un nœud : dépôt de subérine sur les cellules isodiamétriques (*c. i.*) et formation de cellules rectangulaires cambiales.
3. Un entre-nœud jeune : (en hachuré) organisation du cambium (*c.*) à partir du méristème latéral (*m. l.*); on voit une mitose et une cellule déjà divisée; (*pr.*), procambium comportant une mitose.
4. Base d'une jeune ébauche foliaire, section excentrique : (en hachuré) cellules isodiamétriques à caractères méristématiques.

B. *Ontogenèse de la couche protectrice.* — L'élaboration de cette couche n'est pas synchrone au niveau des entre-nœuds et des insertions foliaires et les tissus précurseurs rencontrés vers l'apex diffèrent.

1. Au niveau d'un entre-nœud proche de l'apex, sous l'assise épidermique nous trouvons en fonctionnement le cambium (2, *c.*) source du périderme. Ce cambium n'est pas un « phellogène », puisqu'il n'y a pas de phelloderme formé, mais uniquement des cellules externes subissant ultérieurement une subérisation. Les cellules allongées rectangulaires se cloisonnent suivant un plan privilégié : une fine membrane délimite deux nouvelles cellules aplaties, serrées dans l'espace occupé par la cellule primitive. Comme les cellules à caractères méristématiques secondaires, elles sont largement vacuolisées et le noyau a une position centrale. Ce cambium s'organise (3) à partir d'une ou deux rangées de cellules localisées sous l'épiderme dans l'écorce, au niveau des entre-nœuds. Avec le réactif iodo-ioduré, nous avons constaté dans ces cellules l'absence d'amidon et la fixation au Regaud a mis en évidence l'état pulvérulent du chondriome, associé à une plus forte densité du cytoplasme. C'est à l'ensemble de ces cellules (3) gardant des caractères méristématiques et intervenant secondairement dans la croissance, que les auteurs anglo-saxons donnent le nom de « méristème latéral ». Ici le méristème latéral est le tissu précurseur du cambium donnant le périderme.

2. Le développement de la couche au niveau des insertions foliaires se fait indépendamment de celui du périderme. La subérine se dépose d'abord sur les parois de petites cellules isodiamétriques tandis que les cellules sous-jacentes se divisent à la manière d'un cambium suivant un plan privilégié (2). Ces cellules isodiamétriques se trouvent déjà au niveau des soubassements de très jeunes ébauches foliaires (4) : ce sont des cellules qui ont conservé sensiblement leur forme, tandis que celles du parenchyme foliaire se sont allongées. Ces deux ou trois rangées de petites cellules s'étendent à partir de l'aisselle de l'ébauche, perpendiculairement au cordon de procambium foliaire qu'elles ne traversent pas, formant autour de lui un tube très court orienté vers la feuille. Les cellules de cette zone conservent des caractères méristématiques tels qu'une plus forte chromophilie et un cytoplasme plus dense. Cette zone par son emplacement rappelle donc les couches d'abscission rencontrées chez d'autres plantes, mais ici la feuille ne tombe pas; elle se dessèche sur place et se détruit.

Toute cette couche continue, bien que d'origine différente au niveau des nœuds et des entre-nœuds, ne semble donc avoir qu'un rôle protecteur.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le rôle joué par certains métabolites dans la production de l'éosinopénie d'agression.* Note de M. **Alexandre Aschkenasy** (¹), présentée par M. Robert Courrier.

Des injections d'albumine, d'acides aminés, de pyruvate, lactate et glucose déterminent une éosinopénie même chez des rats surrénalectomisés, mais cet effet est en général plus faible que chez des rats intacts. Toutes ces substances sont augmentées dans le sang au cours de diverses agressions avec éosinopénie. Celle-ci pourrait donc être provoquée en partie par les métabolites mobilisés par les corticoïdes.

Il est surprenant de constater que l'on n'ait pas pensé jusqu'à ce jour à établir une relation de cause à effet entre l'action éosinopéniante des glucocorticoïdes et les effets métaboliques de ces hormones, et à chercher notamment si l'éosinopénie due à une agression non spécifique ne pourrait pas résulter au moins en partie de l'action de divers produits de dégradation tissulaire déversés dans la circulation.

Dans l'affirmative les substances dont on a montré l'augmentation dans le sérum sanguin au cours de réactions d'alarme et après injection d'hormone corticotrope ou de cortisone [protéines (²), acides aminés (³) et aussi les produits intermédiaires de la glucogénèse et le glucose lui-même] devraient déterminer une éosinopénie et manifester ce pouvoir, même en l'absence confirmée de surrénales.

Technique expérimentale. — Les substances étudiées sont injectées par voie intrapéritonéale en solutions aqueuses de 0,5 ou 1 cm³ à des rats mâles adultes, avant et après surrénalectomie bilatérale. Chaque substance est administrée à des lots de 6 à 17 rats intacts ou surrénalectomisés.

Les injections sont séparées les unes des autres par des intervalles de 4 à 7 jours.

L'absence de surrénales accessoires est attestée chez les rats surrénalectomisés par les critères suivants :

1° l'absence de toute éosinopénie après injection intrapéritonéale d'ACTH (7,5 mg) pratiquée à la fin des expériences. La même dose d'ACTH provoque chez les rats intacts une éosinopénie de 50 %; 2° le décès rapide des rats opérés dès qu'on les prive de la solution de chlorure de sodium à 1 % qu'ils recevaient depuis la surrénalectomie; 3° la constatation à l'autopsie d'une hypertrophie thymo-lymphatique.

Les substances injectées sont : 1° le sérumalbumine de bœuf (aux doses de 5 et 10 cg); 2° un mélange d'acides aminés, fait dans les proportions existant dans les protéines sériques; 3° le pyruvate de sodium (5 et 10 cg); 4° un mélange à proportions égales (3 fois 5 cg) des trois préparations précédentes; 5° le lactate de sodium (10 cg); 6° le citrate de sodium (10 cg);

7° le glucose (5 et 10 cg); 8° à titre de référence, le sérum physiologique (1 cm^3).

Un lot de 7 rats reçoit également une injection intrapéritonéale de 5 mg de cortisone.

Les éosinophiles sont comptés dans le sang caudal par le procédé de Randolph, immédiatement avant chaque injection et 4 h après.

Résultats. — Chez les rats *intacts :* tous les produits sont éosinopéniants. Le sérum physiologique, le glucose et le citrate donnent des chutes d'environ 30 %.

Des chutes d'une ampleur croissante sont obtenues avec l'albumine (— 35 % ± 11 avec 5 cg et — 52,3 % ± 14 avec 10 cg); le pyruvate (—52,5 % ± 8 et — 46 % ± 6 avec 5 et 10 cg); le lactate (—68 % ± 3); les acides aminés (—79 % ± 6 et — 75 % ± 5 avec 5 et 10 cg) et surtout avec la préparation réunissant les trois produits précédents (—83 % + 3).

Chez les rats *surrénalectomisés :* on n'obtient plus aucune réponse avec le sérum physiologique (+ 14 % + 13) ni avec le citrate (—13 % ± 16).

En revanche, les éosinopénies produites par l'albumine à faible dose (5 cg : — 37 % ± 7), le glucose (—33 % ± 9 avec 5 cg et —36 % ± 4 avec 10 cg) et par le pyruvate à dose élevée (10 cg : — 44 % ± 11) demeurent semblables à celles qui ont été observées avec les mêmes doses avant l'opération.

L'albumine à dose élevée (10 cg : —40 % ± 10), les acides aminés (— 53 % ± 5 avec 5 cg et — 43 % ± 7 avec 10 cg), le pyruvate à faible dose (5 cg : — 30 % ± 9), la préparation combinée (— 39 % ± 19,5) et le lactate (— 34 % ± 4) déterminent, eux aussi, une éosinopénie significative (par rapport au sérum physiologique) même chez les rats surrénalectomisés, mais leur effet est plus faible chez les rats opérés que chez les rats intacts. Néanmoins il reste encore égal et même supérieur à celui de 5 mg de cortisone.

Il est vrai que cette hormone perd elle-même une partie de son pouvoir éosinopéniant à la suite de la surrénalectomie (chutes de — 71 % ± 6 avant et de — 39 % ± 11 après l'opération), phénomène que nous analyserons ailleurs ([4]).

Discussion. — Nos résultats font penser que certains produits intermédiaires du métabolisme protéique et de la glucogénèse qui sont déchargés dans la circulation au cours des réactions d'alarme, jouent un rôle important dans la production et dans l'entretien de l'éosinopénie d'agression.

Cette éosinopénie pourrait résulter de l'enchaînement de trois réactions successives : 1° une décharge de corticoïdes sous l'effet de la stimulation exogène de l'axe hypophyso-surrénalien; 2° une mise en circulation de divers produits de l'action catabolisante de ces corticoïdes, produits qui sont doués d'un pouvoir éosinopéniant propre, même chez des animaux

surrénalectomisés; 3° une nouvelle décharge de ACTH et de corticoïdes provoqués par certains de ces métabolites, tels que les acides aminés libres dont l'action éosinopéniante est en effet bien plus prononcée en présence qu'en l'absence de surrénales.

Conclusions. — Le sérumalbumine ainsi que les acides aminés, le pyruvate et le lactate, substances dont les taux augmentent dans le sérum sanguin à la suite d'une décharge de glucocorticoïdes, stimulent elles-mêmes la sécrétion d'ACTH et sont douées en outre d'un pouvoir éosinopéniant propre, sans relais surrénalien.

Le glucose lui-même dont le taux sanguin augmente également en cas d'excès de glucocorticoïdes, détermine une éosinopénie modérée qui n'est nullement conditionnée par la présence des surrénales.

Ces résultats suggèrent que l'éosinopénie observée au cours de diverses agressions pourrait être due en partie à l'action des protéines et de leurs produits de dégradation mis en circulation à la suite de la décharge de corticoïdes.

(1) Avec la collaboration technique de Mme Ginette Bouard et de Mlle Christiane Neveu.

(2) I. Clark, *J. biol. Chem.*, 200, 1953, p. 69.

(3) P. J. Ingle, M. C. Prestrud et J. E. Nezamis, *Proc. Soc. exper. Biol. Med.*, 75, 1950, p. 801.

(4) A. Aschkenasy, *C. R. Soc. Biol.*, 1956 (à paraître).

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Comparaison des actions du chlorure de sinoménine et d'un dérivé de la méthylamine* (1), *sur les labrocytes chez le Rat.* Note de Mlle **Lucie Arvy**, présentée par M. Robert Courrier.

La sinoménine, alcaloïde lymphagoque et libérateur d'histamine, provoque l'éclatement et la lyse des labrocytes. Son action est plus discrète, plus tardive, plus lente et plus prolongée que celle du dérivé de la méthylamine.

On savait, depuis Ishiwari (2) que l'alcaloïde qu'on peut extraire des racines de *Sinomenium acutum* Rehd. et Wilson (Fam. Ménispermacées), accélère le courant lymphatique dans le canal thoracique, provoque une dilatation des vaisseaux périphériques, de l'érythème, du prurit et un gonflement facial, chez le Chien [Ishiwari (3), Takaori (4)]. Or, il résulte des recherches de Mayeda (5), (6), que la sinoménine est un libérateur d'histamine; en effet, suivant cet auteur, l'injection de 3 mg/kg de chlorure de sinoménine à des chiens provoque, en une minute, une décharge d'histamine telle que la teneur de la peau en cette diamine passe, par exemple, de 10,7 à 6,1 μg/g et que le plasma, reflétant la perte des tissus en histamine, se charge de 0,14 à 3,20 μg/cm³, par exemple. Suivant

Yamasaki [7], 50 mg/kg de sinoménine libèrent, à partir de la peau du Rat, autant d'histamine que 3 600 mg/kg de dextran. L'action lymphagogue de la sinoménine, observée par Ishiwari [2], [3], n'est pas directe, mais conditionnée par l'histamine libérée sous l'action de l'alcaloïde, puisqu'il suffit d'injecter 10 mg/kg d'un antihistaminique, le bénadryl, 30 mn avant d'injecter l'alcaloïde, pour que l'action lymphagogue soit supprimée [Mayeda [5], [6]; Yamasaki et Mayeda [8]].

Des recherches antérieures [9] nous ayant montré que le 48/80 : le libérateur d'histamine le plus puissant actuellement connu, mis à part le venin de *Thaumetopœa pitiocampa* Schiff [10], exerce une action considérable sur le système lymphatique, contemporaine d'une lyse des labrocytes, nous avons pensé qu'il était opportun de rechercher une action éventuelle sur les labrocytes, de la sinoménine, connue pour être un lymphagogue et un histaminolibérateur.

Les recherches ont porté sur des rats mâles pubères, de 135 à 190 g. Le chlorure de sinoménine a été injecté par voie intrapéritonéale, à des doses variées de 250 μg jusqu'à 7 mg (46 mg/kg).

Les doses inférieures à 1 mg n'ont apparemment aucune action sur le comportement du Rat, mise à part une certaine sédation de l'activité de l'animal. Après injection de 2,5 mg, le comportement du Rat reste normal jusque vers la 20e minute qui suit l'injection, puis les oreilles et le museau rougissent et se cyanosent, du prurit apparaît aux pattes, au scrotum, aux oreilles et au museau, le Rat devient photophobique et tachycardique. Vers la 45e minute qui suit l'injection le Rat s'allonge à plat ventre et s'assoupit; le museau est alors très œdématié et présente le même aspect qu'après injection intrapéritonéale de dextran ou d'ovalbumine. Une heure après l'injection, les labrocytes du scrotum, de l'oreille et de la lèvre supérieure sont altérés, comme ils le sont environ une heure après l'injection de 250 μg de 48/80; cependant les labrocytes de la langue, du paquet vasculonerveux du cou, du complexe salivaire ou du pied sont à peine modifiés. Les sinus lymphatiques, très dilatés, sont pratiquement dépourvus de labrocytes. Ce n'est qu'avec des doses supérieures à 3 mg et des délais d'action supérieurs à 4 h qu'on retrouve des ganglions lymphatiques dont les aspects rappellent ceux qu'on observe après injection de 48/80 [9], mais les ganglions sont toujours envahis de façon moins massive par les labrocytes. Les altérations des labrocytes sont également toujours moins intenses qu'avec le 48/80 : on ne trouve pas de nappes de labrogranules décolorés et éparpillés dans le tissu conjonctif, loin du noyau du labrocyte. A l'inverse du 48/80, la sinoménine ne provoque pratiquement pas d'hémolyse, les ocrocytes restent rares dans les ganglions lymphatiques et dans la rate. Vingt-quatre heures plus tard, l'aspect des coupes est du même type; il n'y a ni accentuation, ni atténuation des altérations labrocytaires. Des

doses supérieures, jusqu'à 7 mg, ne provoquent pas de lésions plus graves, seulement l'assoupissement qui accompagne la libération d'histamine est plus profond, les accès de prurit qui interrompent le sommeil sont plus intenses et le Rat met plus longtemps à retrouver son comportement normal.

Comme après injection de 48/80, le Rat est très assoiffé après injection de chlorure de sinoménine et il boit avidement.

Conclusion. — Le chlorure de sinoménine lèse les labrocytes chez le Rat. Son action sur les labrocytes est beaucoup moins profonde que celle du 48/80 : pour obtenir des lésions équivalentes des labrocytes il faut des doses environ 12 fois plus fortes; ces doses énormes sont d'ailleurs bien tolérées par le Rat. Comme le 48/80, l'alcaloïde provoque une hypertrophie ganglionnaire avec dilatation des vaisseaux et des sinus lymphatiques.

(1) Produit de condensation de la *p*-méthoxyphénéthyl méthylamine et de l'aldéhyde formique ou 48/80.

(2) *Chugai-Iji-Shimpo.*, n° 959, 1920, p. 277.

(3) *Tokyo-Iji-Shinshi.*, n° 2242, p. 1639.

(4) *Chugai-Iji-Shimpo.*, n° 996, 1921, p. 1106.

(5) *Jap. J. Pharmacol.*, nos 3-4, 1953, p. 62-72.

(6) *Jap. J. Pharmacol.*, nos 3-4, 1953, p. 73-81.

(7) Communication personnelle.

(8) *Acta Medicinæ Okayama*, 9, 1954, p. 81-104.

(9) L. Arvy, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1232.

(10) G. Valette et H. Huidobro, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 658-661.

CARDIOLOGIE. — *Enregistrement parallèle de l'électrocardiogramme externe et de l'activité électrique d'une fibre myocardique unique chez trois Mammifères.* Note de MM. **Édouard Corabœuf, Charles Kayser** et **Yves-Michel Gargouïl**, présentée par M. Léon Binet.

L'enregistrement simultané de l'activité électrique d'une fibre myocardique unique et de l'électrocardiogramme externe (E. C. G.) de l'animal entier a été réalisé par L. A. Woodbury, H. H. Hecht et A. R. Christophersen (1) sur la Grenouille, par B. F. Hoffman et E. E. Suckling (2) sur le Chien et le Chat. Ce procédé a permis d'interpréter avec précision les différents accidents de l'électrocardiogramme. Il ressort en particulier de ces travaux que l'onde T de l'électrocardiogramme est contemporaine de la phase terminale du potentiel d'action monophasique.

Il nous a paru intéressant de rechercher dans quelle mesure cette concordance existe quel que soit le décours des potentiels d'action monophasiques ventriculaires. On sait en effet, que ce décours peut varier d'une espèce

à l'autre ([3]), ([4]). Dans ce but nous nous sommes adressés à deux Rongeurs, le Rat et le Cobaye. Le premier possède une phase de repolarisation ventriculaire de pente quasi constante, ce qui donne à l'électrocardiogramme interne une silhouette sensiblement triangulaire ressemblant à celle du potentiel d'action auriculaire de Chien. Le second possède au contraire un potentiel d'action ventriculaire pourvu d'un plateau bien différencié : la repolarisation débute plus tardivement. Lente au départ, elle s'accélère vers la fin de la réponse et cette particularité conduit à un électrogramme de silhouette plus « rectangulaire », ressemblant à l'électrogramme ventriculaire de Chien ([6]).

L'un de nous a par ailleurs constaté dans un travail antérieur ([7]) une différence importante entre l'activité électrique du cœur de Rat et celle de deux hibernants : le Spermophile et le Hamster : la durée ST de l'électrocardiogramme augmente notablement moins, lors d'un abaissement de la température corporelle dans le cas du Rat, que dans celui des hibernants. Cette constatation nous a incité à faire une étude comparative de l'électrogramme intracellulaire du Rat et du Spermophile en relation avec l'électrocardiogramme externe.

Notre procédé expérimental a été le suivant : les animaux [Rat blanc, Cobaye et Spermophile (*Citellus citellus*)] sont anesthésiés à l'uréthane par une injection intrapéritonéale de 0,1 g d'éthyluréthane pour 100 g d'animal. On pratique la trachéotomie. Les animaux sont ensuite curarisés [par injection intrapéritonéale de 1 cm^3 de la solution à 2 % de triiodoéthylate de gallamine (flaxédil) pour 100 g de poids vif]. On institue la respiration artificielle au carbogène, on fend le sternum sur la ligne médiane et on écarte les deux moitiés thoraciques. Le péricarde est sectionné et écarté; un écoulement continu de liquide de Tyrode maintenu par aspiration à niveau constant, maintient la cage thoracique humide et à température constante. On place au contact du cœur un thermomètre à petit réservoir de mercure et une thermistance. La microélectrode, du type électrode flottante ([8]), est introduite dans le ventricule à l'aide d'un micromanipulateur. L'électrocardiogramme externe est recueilli en dérivation langue-anus. Ne disposant pas d'un oscillographe cathodique à deux canons, nous avons été obligés d'enregistrer, successivement, électrocardiogramme externe et activité cellulaire.

La figure représente, en haut l'électrocardiogramme externe, en bas l'activité électrique d'un élément cellulaire ventriculaire, obtenu par dérivation interne.

Le tracé obtenu chez le Cobaye ressemble en tous points aux tracés obtenus par les différents auteurs sur le ventricule de Chien : la repolarisation se fait avec un plateau, le sommet de l'onde T correspond à la fin de la repolarisation. Ainsi que l'indique le tracé enregistré chez le Spermo-

phile, le potentiel d'action ventriculaire ressemble beaucoup à celui du Cobaye. Il n'en est plus de même du tracé obtenu chez le Rat. Celui-ci présente en dérivation intracellulaire l'allure triangulaire déjà indiquée, tandis que l'électrocardiogramme présente une onde « lente » de grande



Tracés électrocardiographiques (externes, *en haut* et intracellulaires, *en bas*) des cœurs de Cobaye, Spermophile et Rat blanc. Les fréquences sont respectivement de 300, 330 et 360 par minute.

amplitude. Cette onde lente apparaît précocement et son sommet coïncide avec le début de la phase de repolarisation du tracé intracellulaire. En apparence, l'onde lente de l'électrocardiogramme de Rat ne semble pas correspondre, si l'on considère ses relations temporelles avec l'électrogramme interne, aux ondes T des tracés de Cobaye et de Spermophile, contemporaines de la phase terminale de la repolarisation.

Cependant il est remarquable que, comme celles-ci, elle coïncide avec la zone de repolarisation de pente maximum. Cette dernière se trouve simplement située chez le Rat non loin du sommet de la réponse, à l'inverse de ce qui apparaît chez les deux autres espèces où elle s'installe beaucoup plus tardivement.

Dans la mesure où l'électrocardiogramme peut être considéré comme l'addition algébrique de deux ondes monophasiques inversées, légèrement décalées et de décours voisins, il est d'ailleurs évident que les accidents les plus amples doivent être contemporains des variations de potentiel les plus rapides des tracés monophasiques.

Le problème est de savoir si l'onde lente du Rat à 37° est assimilable à l'onde T qui apparaît classiquement, dans les autres espèces, en fin de repolarisation.

Nous ne pouvons tenir compte, dans la présente discussion, de la notion de gradient ventriculaire dont un des éléments, l'électrogramme endocardique, nous échappe ici. Cependant il est bien certain que cette notion est d'importance essentielle pour la compréhension de l'électrocardiogramme externe.

Si nous considérons que l'onde T n'est que le reflet de la période terminale du potentiel d'action ventriculaire, l'onde lente de l'électrocardiogramme de Rat ne peut recevoir cette dénomination.

Mais si nous nommons T une onde liée à la vitesse de chute du plateau du potentiel d'action ventriculaire [ce dernier étant lié lui-même au métabolisme cellulaire par des lois complexes mais indiscutables dans de nombreux cas (9)], il apparaît que l'onde lente de l'électrocardiogramme de Rat est une onde T au même titre que celle du Cobaye et du Spermophile.

Des éléments nouveaux d'appréciation pourraient évidemment être fournis par une étude comparée des effets de variations de température sur les phases lentes des potentiels cardiaques externes et internes des trois espèces précédentes. C'est une telle étude que nous exposerons dans une prochaine communication.

(1) *Amer. J. Physiol.*, **164**, 1951, p. 307-318.
(2) *Amer. J. Physiol.*, **170**, 1952, p. 357.
(3) S. WEIDMANN, *Elektrophysiologie der Herzmuskelfaser*, Berne, 1956.
(4) M. H. DRAPER et M. MYA TU, *XXe Congr. Intern. Physiol. Bruxelles*, juillet 1956.
(5) E. CORABOEUF, R. DISTEL et J. BOISTEL, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1927.
(6) E. CORABOEUF et M. OTSUKA, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 441.
(7) C. KAYSER, *C. R. Soc. Biol.*, 150, Strasbourg, séance du 13 juillet 1956 (sous presse).
(8) J. W. WOODBURY et A. J. BRADY, *Science*, **123**, 1956, p. 100.
(9) E. CORABOEUF, R. DISTEL et J. BOISTEL, *Congrès Intern. de Microphysiologie*, Paris, juillet 1955.

ENDOCRINOLOGIE. — *Le lobe antérieur de l'hypophyse chez la Chatte durant la gestation et l'allaitement.* Note (*) de MM. **JEAN RACADOT** et **MARC HERLANT**, présentée par M. Robert Courrier.

Les catégories cellulaires précédemment observées par l'un de nous dans l'hypophyse de la femelle de *Myotis myotis* ont été retrouvées chez la Chatte. En particulier l'une des variétés de cellules basophiles a une évolution parallèle à celle du corps jaune et nous apparaît comme la source de l'hormone lutéinisante.

A. B. Dawson (1938, 1946) (1) a décrit dans le lobe antérieur de l'hypophyse, chez la Chatte, des cellules « carminophiles » qui manifesteraient une affinité élective pour l'azo-carmin. Il a constaté que ces éléments présentent des variations en rapport avec les phases de la vie génitale; en particulier,

ils se multiplient d'une manière massive au cours de la gestation et montrent des signes d'activité sécrétoire qui se poursuivent après le terme, chez la femelle qui allaite. A. B. Dawson [2] attribue à ces cellules la sécrétion de la prolactine.

Plus récemment, l'un de nous (M. Herlant, 1956) [3] a étudié l'hypophyse du Murin (*Myotis, myotis*) au cours de la gestation et de l'allaitement. Chez la femelle gestante, l'hypophyse se caractérise par une multiplication massive d'éléments basophiles se colorant aussi bien par le PAS-orange que par l'azo-carmin. Ces cellules régressent très rapidement après la mise-bas et leur involution va de pair avec la disparition du corps jaune de gestation.

Par contre, la sécrétion de la prolactine a été attribuée à des cellules « érythrosinophiles », négatives au PAS, dont la phase de développement coïncide avec la lactation.

L'apparente contradiction entre ces constatations nous a amené à reprendre l'étude de l'hypophyse de la Chatte au cours de la gestation et de la lactation.

Recherches personnelles. — Nous avons analysé l'hypophyse de 32 chattes; 12 d'entre elles étaient à divers stades de la gestation; 12 chattes qui allaitaient ont été sacrifiées entre un jour et six semaines après la mise-bas; en outre nous avons examiné l'hypophyse de plusieurs chattes dont la lactation avait été interrompue.

Toutes les hypophyses ont été fixées au Bouin-Hollande additionné de 10 % de sublimé. Elles ont été colorées par les méthodes trichromiques de Cleveland-Wolfe, d'Heidenhain à l'azo-carmin, par le PAS-orange et l'aldéhyde fuchsine suivant M. Gabe (1953) [4].

Dans toutes ces hypophyses, les méthodes trichromiques ne nous ont permis de reconnaître qu'une seule catégorie d'éléments basophiles localisés dans la zone antéro-médiane de la glande, tandis que les cellules chromophiles des régions latérales se montraient uniformément acidophiles. Mais au PAS-orange, les résultats se sont montrés bien différents.

Grâce à cette méthode en effet, nous avons retrouvé sans difficulté dans les régions latérales du lobe glandulaire les cellules basophiles décrites par l'un de nous chez le Murin gravide. Comme dans l'espèce humaine et chez la Chauve-Souris, ces éléments se caractérisent par leur teinte rouge brique qui tranche sur la coloration jaune-paille des cellules acidophiles. Chez la Chatte, toutefois, leur affinité pour le PAS est moins intense que chez le Murin, mais il s'agit bien de cellules basophiles. En effet, elles sont légèrement métachromatiques au bleu de toluidine et ne réagissent pas à la méthode de R. J. Barnett et A. M. Seligman (1954) [5] qui met spécifiquement en évidence les cellules acidophiles par leurs groupes disulfides. Le PAS-orange nous a permis en outre d'identifier, comme chez le Murin, la deuxième

forme d'éléments basophiles gonadotropes, localisés à la région antéro-médiane de la glande, et les cellules thyrotropes disséminées dans la totalité du lobe antérieur.

A nouveau, comme chez le Murin, seules ces deux dernières formes cellulaires réagissent à l'aldéhyde-fuchsine; les cellules thyrotropes se colorent cependant d'une manière plus intense que les éléments gonadotropes de la région antéro-médiane.

Nous avons suivi l'évolution des cellules basophiles « rouge brique » chez la femelle gestante et au cours de la lactation. Nous avons constaté qu'elles correspondaient rigoureusement tant par leur topographie et leur nombre que par les variations de leur aspect cytologique, aux cellules « carminophiles » de Dawson.

Nous avons d'autre part mis en évidence des cellules qui correspondent aux éléments érythrosinophiles du Murin. Elles sont chromophobes au PAS-orange mais renferment de manière constante quelques gouttelettes lipidiques PAS positives. Au trichromique de Cleveland-Wolfe, leur affinité pour l'érythrosine est peu marquée et elles s'avèrent faiblement granuleuses. Elles se caractérisent en outre par une grande richesse en ribonucléines. Ces éléments sont particulièrement développés au cours de la lactation.

Ainsi, nous avons retrouvé chez la Chatte gestante et en lactation, les formes cellulaires observées chez le Murin. Nous pouvons, selon toute vraisemblance, leur conférer la même signification physiologique. L'un de nous avait attribué, chez le Murin, la sécrétion de FSH à la forme basophile antéro-médiane et la sécrétion de LH à la basophile « rouge brique ». L'étude de l'hypophyse de la Chatte nous confirme dans cette opinion.

La persistance chez la Chatte, de cellules « rouge brique » au cours du post-partum nous paraît en relation avec le comportement du corps jaune chez cette espèce. Celui-ci, en effet, au lieu d'involuer immédiatement après la mise-bas comme chez le Murin, se maintient pendant une grande partie de la lactation.

Soulignons d'autre part que chez les chattes qui n'ont pas allaité, cellules « rouge brique » et corps jaune involuent beaucoup plus précocement.

Nous signalerons enfin que nous n'avons observé aucune corrélation entre l'évolution du corps jaune et les cellules basophiles de la région antéro-médiane.

(*) Séance du 29 octobre 1956.
(1) *Stain Technol.*, 13, 1938, p. 17-21.
(2) *Amer. J. Anat.*, 78, 1946, p. 347-409.
(3) *Arch. Biol.*, 67, 1956, p. 89-180.
(4) *Bull. Microsc. Appl.*, 3, 1953, p. 153-162.
(5) *J. Nat. Cancer Inst.*, 14, 1954, p. 769-803.

ENDOCRINOLOGIE. — *Sur la pénétration de l'iode radioactif* (^{131}I) *dans l'hypophyse de grenouille* (Rana temporaria). Note de M. **Georges Čehovic**, présentée par M. Robert Courrier.

Après injection de ^{131}I à des grenouilles, nous avons observé une fixation élective dans le lobe intermédiaire de l'hypophyse où elle est de 6 à 8 fois plus élevée que dans les autres lobes. Chez des grenouilles tenues à l'obscurité, cette fixation a été moins grande. Ce fait suggère le rôle probable de l'intermédine dans les relations hypophyso-thyroïdiennes.

En utilisant une thyroxine marquée, F. Joliot, R. Courrier, A. Horeau et P. Sue (1) ont constaté une pénétration élective de la thyroxine dans l'hypophyse du Lapin.

En février 1951, R. Courrier, A. Horeau, M. Marois et F. Morel (2) reprenant cette étude, trouvent que la thyroxine se concentre surtout dans la posthypophyse. Le fait de cette concentration, différente selon l'espèce, très élevée chez le Lapin et le Singe, non observée chez le Chat, le Cobaye et le Rat, ouvre de nouvelles perspectives dans l'étude des relations entre l'hypophyse et la thyroïde.

Plusieurs travaux (3), (4), (5), (6) ont confirmé cette fixation élective par des techniques différentes (autoradiographie, chromatographie).

Cette pénétration de la thyroxine dans la posthypophyse nous a donné l'idée que la posthypophyse pourrait jouer un rôle important dans la régulation de la fonction thyroïdienne. Nous avons pensé que la Grenouille serait un animal de choix pour cette étude, car sa métamorphose est liée à la fonction thyroïdienne et le passage de la vie aquatique à la vie plutôt terrestre doit s'accompagner d'une modification fonctionnelle de la posthypophyse.

« Le rôle de la thyroïde chez les animaux à sang froid est encore obscur » note S. A. Mathews (7) dans son travail sur la fixation de l'iode radioactif dans la thyroïde des grenouilles.

A. T. J. Cameron (8) avait déjà remarqué que la thyroïde des grenouilles adultes contient très peu d'iode.

S. A. Mathews (7) a constaté que 24 h après l'injection de 10 μc de ^{131}I dans le sac lymphatique dorsal, 3 % seulement de celui-ci est fixé dans la thyroïde des grenouilles (*Rana pipiens*). Après 96 h, il n'y a que 4,7 à 5,0 % d'iode dans la thyroïde.

Dans nos expériences (mai-juillet 1956) sur *Rana temporaria*, nous avons utilisé la méthode de S. A. Mathews (7), mais nous avons sacrifié les animaux le sixième jour après l'injection de 10 μc de ^{131}I. Chaque grenouille

était placée dans un cristallisoir de 1 l avec un couvercle de verre et du papier filtre humide.

Dans la première expérience (7 grenouilles), nous avons trouvé un rapport de 0,45 (hypophyse/plasma) sans différence appréciable entre l'antéhypophyse et la posthypophyse (le lobe intermédiaire étant mesuré avec l'antéhypophyse).

En étudiant parallèlement les modifications de la fixation de ^{131}I dans la thyroïde et la peau des grenouilles à la lumière et à l'obscurité [9], nous avons constaté, chez les grenouilles à l'obscurité, une diminution de la fixation de l'iode dans la thyroïde et une augmentation dans la peau. Cette observation a attiré notre attention sur le rôle possible du lobe intermédiaire (bien différencié chez les grenouilles) dans ces relations.

Dans une nouvelle expérience, nous avons dosé séparément la radioactivité dans ces trois parties de l'hypophyse (11 grenouilles) six jours après l'injection de 10 μc de ^{131}I.

Nous avons trouvé dans le lobe intermédiaire une radioactivité totale presque égale à celle de chacun des autres lobes chez la même grenouille. Cela prouve, en tenant compte du volume beaucoup plus petit du lobe intermédiaire, une fixation plus grande dans ce lobe.

Par milligramme de poids, nous avons trouvé dans le lobe intermédiaire un rapport de 6 à 8 fois plus élevé que dans la posthypophyse. Le poids du lobe intermédiaire étant à la limite de la sensibilité de la balance utilisée (Roller-Smith), nous avons, dans une nouvelle expérience, utilisé une balance plus précise et nous avons injecté 30 μc de ^{131}I à 12 grenouilles. Un lot de 5 grenouilles était tenu à l'obscurité (7 jours).

Les rapports (organe/plasma) par milligramme et par minute, 120 h après l'injection de 30 μc de ^{131}I, sont exposés dans le tableau suivant :

Rapports (mg/mn)	$\frac{\text{Antéhyp.}}{\text{Plasma}}$.	$\frac{\text{Lobe interm.}}{\text{Plasma}}$.	$\frac{\text{Posthyp.}}{\text{Plasma}}$.
A la lumière	0,40 ± 0,017	1,98 ± 0,23	0,35 ± 0,023
A l'obscurité	0,29 ± 0,018	1,04 ± 0,12	0,39 ± 0,022

Ces expériences montrent que, chez la Grenouille, l'iode radioactif pénètre électivement dans l'hypophyse et se fixe surtout dans le lobe intermédiaire. Cette pénétration se fait apparemment sous forme de thyroxine endogène radioactive, car dans une Note récente, H. Slowiter et F. Morel [10] prouvent que la thyroxine endogène se comporte comme la thyroxine marquée injectée.

Tenant compte du poids de ce lobe intermédiaire (0,142 ± 0,021 mg à la lumière), de différents degrés de dessiccation possible, de la relative faiblesse des radiations et des modifications observées chez ces grenouilles sous l'influence de l'obscurité, il nous paraît nécessaire de continuer ces expériences en utilisant la thyroxine marquée.

Dans leur étude, J. Benoit et I. Assenmacher ([11]) citent, à côté de leurs travaux, un nombre important d'observations sur les modifications histologiques de la structure de l'hypophyse chez diverses espèces sous l'influence de la lumière.

Dans plusieurs publications, P. Florentin et F. Stutinsky ([12]), ([13]), ([14]) exposent les modifications cytologiques de l'hypophyse, et surtout du lobe intermédiaire, chez les grenouilles tenues à l'obscurité. Tout le lobe intermédiaire, selon ces auteurs, donne l'impression d'avoir subi la transformation colloïde. Son volume est augmenté à l'obscurité (fait que nous avons aussi observé). Les modifications dans le lobe antérieur sont interprétées comme le signe d'un arrêt de l'excrétion des produits hypophysaires.

Nos résultats sur la fixation élective de ^{131}I dans le lobe intermédiaire des grenouilles nous paraissent intéressants dans l'étude des relations hypophyso-thyroïdiennes. Les modifications de la fixation de ^{131}I dans la thyroïde sous l'influence de la lumière, observées chez ces mêmes grenouilles, seront l'objet d'une Communication ultérieure.

Nous nous réservons ici seulement de signaler que ces observations nous ont conduit à étudier le rôle de l'intermédine dans ces relations.

Deux études récentes dans ce domaine sont à signaler : F. Morel et C. Simon ([15]) provoquent par une surcharge de sel une élévation de la fixation de thyroxine marquée dans la posthypophyse du Lapin, alors que A. Taurog et coll. ([16]) n'observent pas ces modifications en administrant de l'alcool éthylique ou en sectionnant la tige pituitaire.

La discordance apparente de ces observations mérite une étude de ce problème en envisageant aussi le rôle probable de l'intermédine.

(1) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 769.
(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 776.
(3) J. M. JENSEN et D. E. CLARK, *J. labor. and Clin. Med.*, 38, n° 5, 1951, p. 663.
(4) A. JENTZER, *Acta endocrinologica*, 12, 1953, p. 294.
(5) G. W. HARRIS, A. TAUROG et W. TONG, *J. Physiol.*, 129, 1955, p. 43.
(6) D. H. FORD, M. POZNER et J. GROSS, *Anat. Record*, 121, 1955, p. 294.
(7) *The Amer. J. Physiol.*, 162, n° 3, 1950, p. 590.
(8) *Biol. Chem.*, 16, 1914, p. 465.
(9) Publication à paraître.
(10) *Arch. bioch. and biophys.*, 63, 1956, p. 217.
(11) *J. Physiol.*, 47, n° 3, 1955, p. 427.
(12) P. FLORENTIN et F. STUTINSKY, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 674.
(13) F. STUTINSKY, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1937, p. 331.
(14) P. FLORENTIN, *C. R. Soc. Biol.*, 126, 1937, p. 311.
(15) F. MOREL et C. SIMON, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 817.
(16) A. TAUROG, G. W. HARRIS, W. TONG et J. L. CHAIKOFF, *Endocrinology*, 59, 1956, p. 34.

BIOLOGIE. — *La structure du canal hermaphrodite de* Limnæa stagnalis *et les possibilités de régénération germinale chez les Gastéropodes pulmonés.* Note (*) de M. **Louis Bounoure** et Mlle **Régine Aubry**, présentée par M. Robert Courrier.

D'après Laviolette (1954), l'ablation totale de la glande hermaphrodite chez le Pulmoné *Arion rufus* est suivie, mais seulement dans la phase de jeunesse que termine l'avènement de la méiose, d'une régénération germinale, à partir de l'épithélium de l'extrémité initiale réséquée du canal hermaphrodite; or cet épithélium possède « une individualité structurale indéniable », produit d'une spécialisation histogénétique déjà acquise, ce qui conduit l'auteur à repousser « l'apparente contrainte de la continuité germinale ».

La structure du canal hermaphrodite, étudiée chez la Limnée adulte [1], est de nature à jeter quelque lumière sur cette question.

Ce canal, regardé en général comme simple organe évacuateur des gamètes, répond en effet exclusivement à cette fonction dans sa deuxième moitié (*fig.* 1, *ct*). Mais sa moitié initiale (*ci*), si elle sert aussi au passage des gamètes, se distingue par son fort calibre, et par les nombreux diverticules de sa paroi, qui présente des sinuosités caractéristiques, correspondant à autant de petits culs-de-sac latéraux; sa structure histologique offre des particularités significatives.

La glande hermaphrodite (*fig.* 1, *g*) étant représentée en blanc au sein de l'hépatopancréas (*hp*) où elle est entièrement incluse, ce sont les canalicules issus de ses nombreux acini, qui par leur confluence aboutissent à former la lumière centrale du canal hermaphrodite; cette lumière, relativement large, est tapissée, dans l'axe du canal, par le même épithélium cylindrique (*fig.* 2) qui tapisse les canalicules de la gonade : les cellules en sont hautes, de taille uniforme, très régulièrement rangées; leurs noyaux ovales sont tous au même niveau; enfin ces cellules possèdent une bordure ciliée, typique de la plupart des canaux de décharge; c'est évidemment par l'action de ce revêtement vibratile que la masse des spermatozoïdes est refoulée, à distance de l'épithélium, au milieu de la lumière centrale où elle peut librement s'écouler.

Tout autre est la structure de la paroi au fond des diverticules latéraux (*fig.* 3); ici l'épithélium est plus épais, syncytial, dépourvu de ciliature; en l'absence de cette dernière, les spermatozoïdes, tassés dans une lumière très réduite, sont en contact intime avec la paroi dont ils empêchent, sur les coupes, de suivre le contour avec précision; les noyaux, de taille assez grande, et contenant de nombreux blocs chromatiques, sont disséminés irrégulièrement dans l'épaisseur du syncytium. Mais, dans la partie basale de ce dernier, on observe une deuxième sorte de noyaux, plus petits

et parfaitement arrondis (*fig.* 4); de dessin très net, ils frappent par leur aspect jeune; ils forment par endroits de véritables îlots sur le bord externe de la couche syncytiale bordant le fond du diverticule; on peut voir parmi eux de nombreuses mitoses.

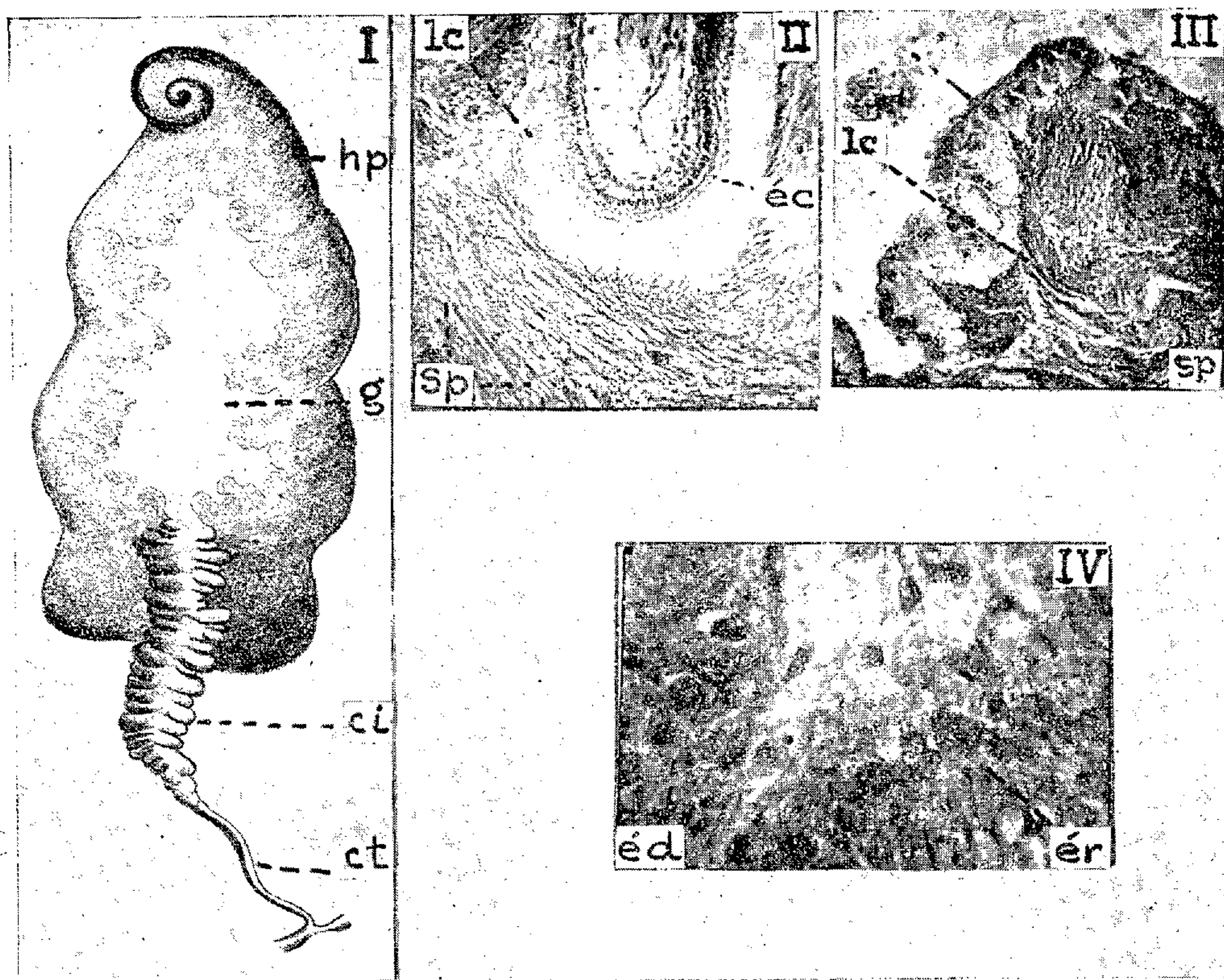


Fig. 1. — Vue d'ensemble de la partie hermaphrodite de l'appareil génital.
Fig. 2. — Portion de l'épithélium cylindrique du canal.
Fig. 3. — Portion de l'épithélium à gros noyaux bordant les diverticules latéraux.
Fig. 4. — Portion de l'épithélium syncytial de régénération.

ci, moitié initiale du canal; ct, portion terminale du canal; éc, épithélium cylindrique cilié; éd, épithélium à gros noyaux des diverticules latéraux; ér, épithélium de régénération; g, glande hermaphrodite; hp, hépatopancréas; lc, lumière du canal; sp, spermatozoïdes.

Grossissements : Fig. 1 : environ 20 ×; Fig. 2 et 3 : × 213; Fig. 4 : × 625.

Ces noyaux sont morphologiquement identiques à ceux qui, dans l'épithélium germinatif de la gonade, représentent les cellules-souches de la gamétogénèse ([2]); ils n'ont, en tout cas, aucune ressemblance avec ceux de l'épithélium cilié de la lumière du canal. De plus, chez les animaux soumis à l'action de substances antimitotiques (colchicine et thiodérivé de la colchicine), les portions de paroi syncytiale du fond des diverticules offrent une résistance marquée à une destruction qui, pour certaines doses, s'exerce déjà efficacement sur les acini de la gonade, sur l'épi-

thélium cylindrique du canal et sur les gamètes mûrs; non seulement dans ces îlots les noyaux restent intacts, mais ils montrent un nombre accru de divisions; il faut des doses toxiques plus fortes pour altérer la structure de ces îlots syncytiaux [1].

En somme, la première moitié du canal hermaphrodite de la Limnée, de par sa structure complexe, peut être assimilée à une *portion extra-hépatique de la gonade*, laquelle, libre dans la cavité générale, reste ordinairement stérile, mais peut éventuellement, dans certaines conditions expérimentales, produire des gamètes [1]. Si l'ablation totale de la gonade, dans cette espèce, n'était pas rendue impossible par l'extrême dissémination de cette glande dans le tissu hépatique, il est logique de penser qu'une régénération du germen pourrait se produire, comme chez l'Arion, à partir des « éléments épithéliaux du revêtement pariétal des cryptes » ou diverticules. Quant à définir la vraie nature des jeunes cellules de régénération, il serait vain d'en discuter, en l'absence d' « un critère d'évolution à la fois accessible et significatif » (Laviolette). En tout cas il ne nous apparaît aucune nécessité de renoncer, pour l'interprétation des îlots syncytiaux à petits noyaux, à la notion de « réserve cellulaire totipotente », qui dispense de recourir à l'idée inacceptable de dédifférenciation, et qui s'accorde de la façon la plus satisfaisante et la plus souple avec toutes les formes innombrables et variées de la régulation organique chez les êtres vivants.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) R. Aubry, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 20 octobre 1956 (sous presse).

(2) R. Aubry, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 2075.

RADIOBIOLOGIE. — *Efficacité biologique relative du tritium et de divers rayonnements* γ [1]. Note (*) de Mlle Sylvie Davydoff, présentée par M. Francis Perrin.

On a déterminé l'efficacité biologique relative du tritium et de divers rayonnements γ vis-à-vis d'une bactérie *Serratia indica*. Quelle que soit l'intensité d'irradiation, les divers rayonnements γ ont eu la même efficacité biologique, celle du rayonnement β du tritium étant moindre, avec un facteur d'efficacité biologique relative de 0,87.

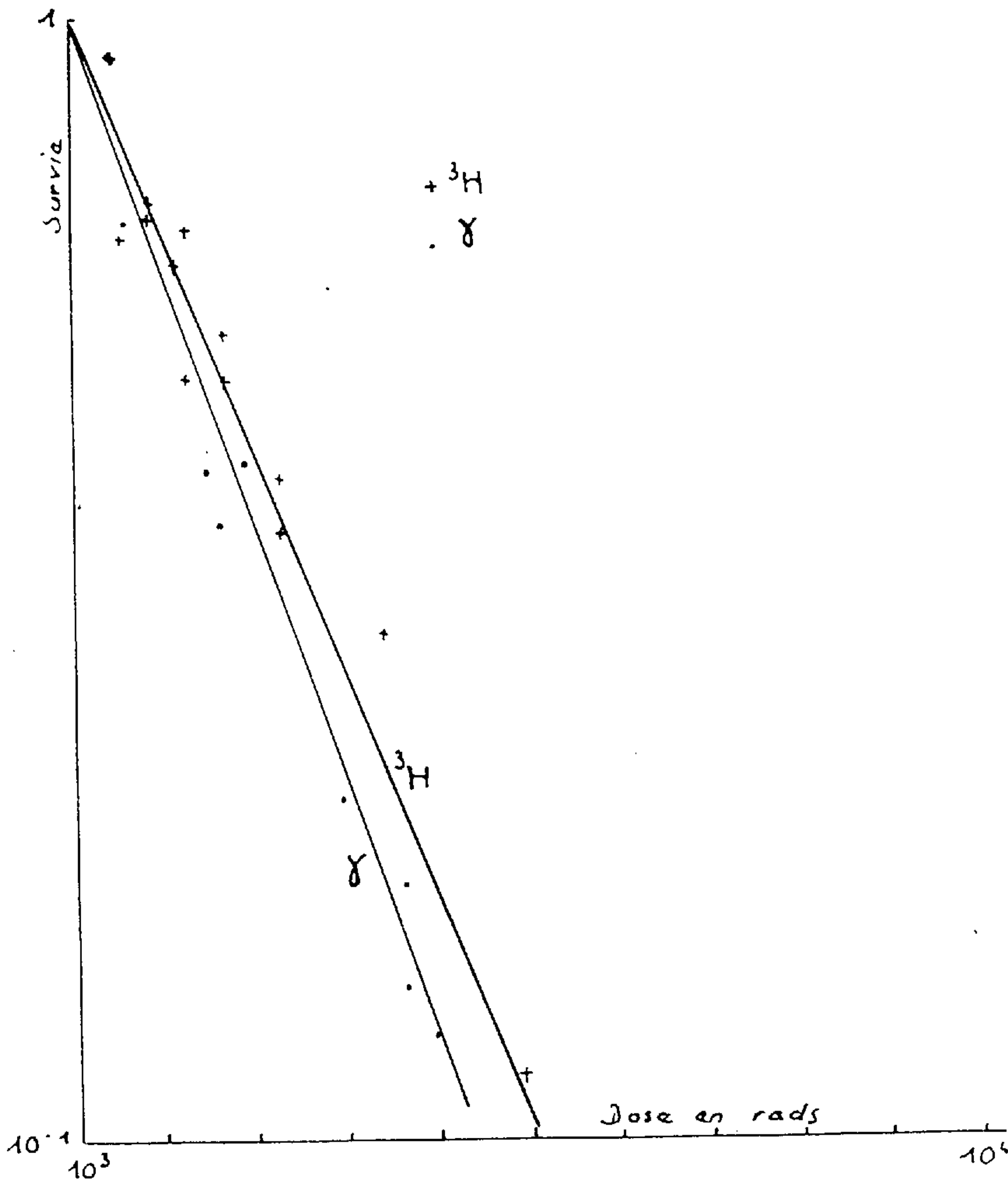
Nous avons établi la courbe de survie d'une bactérie, *Serratia indica*, d'une part dans le cas d'une irradiation β (tritium), d'autre part dans celui d'irradiations γ.

Technique. — Les milieux utilisés sont les suivants :

Milieu D.		Milieu DP.	
ClK	0,20 g	ClK	0,20 g
NO_3NH_4	0,30 g	NO_3NH_4	0,30 g
$SO_4Mg, 2H_2O$	0,20 g	$SO_4Mg, 2H_2O$	0,20 g
Glycérophosphate de Na	1 g	$PO_4HNa_2, 12H_2O$	0,05 g
Eau permutée, qsp	100 ml	Eau permutée, qsp	100 ml

pH 6,8

Une culture de 24 h à 30° de *S. indica* en milieu D est centrifugée. Le culot bactérien est lavé puis remis, pour l'irradiation, en suspension en milieu DP (milieu sans carbone) de manière à obtenir une concentration d'environ 4.10^8 germes/ml.



Les numérations bactériennes sont faites par ensemencement d'une partie aliquote de la suspension sur plaques de gélose nutritive et comptage des colonies apparues après un séjour de 48 h à 30°.

Les rayonnements γ utilisés ont été celui de l'iridium-192 (énergie moyenne 0,4 MeV) et celui, complexe, du puits de désactivation dans lequel sont stockés les barreaux d'uranium après leur sortie de la pile P2 de Saclay, l'énergie de la presque totalité de ce rayonnement étant 0,7 MeV au moment de nos expériences. Les intensités d'irradiation ont varié entre 100 et 70 r/mn, puis entre 950 et 700 r/mn pour le rayonnement de l'iridium, entre 120 et 65 r/mn pour celui du puits de désactivation.

Le rayonnement β a été celui du tritium incorporé sous forme d'eau tritiée à la suspension bactérienne faite en milieu DP, des numérations de germes étant pratiquées après des durées de contact croissantes. Les intensités d'irradiation ont été 1,85 — 3,7 et 7,4 rep/mn.

Nos expériences s'étendant sur plusieurs jours, nous n'avons pu les poursuivre pour des doses supérieures à 6 000 rad. En effet, pour des teneurs en bactéries de l'ordre de 10^4 à 10^5 germes/ml, à la température du laboratoire, même en l'absence de source de carbone, il y a au bout de 48 à 72 h une croissance bactérienne trop faible pour être visible par néphélométrie, mais qui peut être mise en évidence par numération sur plaque de gélose.

Résultats. — Quelles que soient la source γ et l'intensité d'irradiation, la courbe de survie est identique. Si l'on porte en abscisses la dose en rad et en ordonnées le logarithme du taux de survie, on obtient une droite, la dose léthale 50 % étant 1 300 rad.

Si l'on trace de la même manière la courbe de survie du germe après action du tritium et qu'on considère les taux de survie entre 100 et 10 %, on obtient également une droite, la dose léthale 50 % étant 1 500 rad.

Les efficacités biologiques du tritium et des rayonnements γ que nous avons utilisés sont donc très voisines; le facteur d'efficacité biologique relative (EBR) est égal à 0,87.

D'autres auteurs, étudiant l'action du tritium sur des microorganismes ont trouvé, par rapport à ^{32}P, EBR = 1,7 (Kornberg et coll) (²), par rapport aux rayons X de 200 kV et aux rayons β de ^{89}Sr, ^{90}Sr et ^{90}Y, EBR = 0,82 (E. L. Powers et D. Shefner) (³).

Conclusion. — A cause sans doute de sa perte d'énergie linéaire relativement élevée, due à la faible énergie de son rayonnement, l'efficacité biologique du tritium est sensiblement la même que celle d'un rayonnement γ d'énergie beaucoup plus élevée.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(¹) Travail effectué avec la collaboration technique de Mme G. Ducatez.

(²) M. E. GETZENDANER, M. P. FUJIHARA et H. A. KORNBERG, H W 28636, 1953.

(³) *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 78, 1951, p. 493.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les perturbations observées dans la chromatographie sur papier d'une base organique non amphotère (l'agmatine) et sur la contribution de ces faits à l'analyse du phénomène de chromatographie sur papier en général.* Note (*) de MM. **François Miranda** et **Serge Lissitzky**, présentée par M. René Fabre.

La présence dans un extrait naturel d'une base guanidique non amphotère, très sensible aux variations des facteurs impliqués dans la chromatographie sur papier, a permis la mise au point de protocoles adaptés à leur étude et attiré l'attention sur l'hydrolyse éventuelle des sels minéraux, en cours de chromatographie dans l'eau.

Au cours de l'étude chromatographique des composés guanidiques d'extraits naturels ([1]) obtenus par extraction en milieu acétique suivie de dessalage à l'alcool, nous avons constaté l'existence d'un spot en V inconnu, présentant une réaction de Sakaguchi positive, de R_f 0,2 en butanol acétique 10 % (agmatine témoin : spot ovalaire de R_f 0,08) mais s'identifiant à l'agmatine en pyridine-isopentanol-acide acétique-eau et en électrophorèse. Les raisons de cette anomalie de migration ont été objectivées par des révélations de pH faites principalement au vert de bromocrésol (VB) et montrant l'existence d'un spot ovalaire basique coiffant exactement le spot en V et dû aux acétates à dissociation basique contenus dans l'extrait. De nombreuses expériences ont montré que la présence de base forte minérale a transformé l'ion agmatinium libre en agmatine base non dissociée, dont la solubilité dans la phase mobile est plus grande et qui ne pourra se déposer sous forme d'acétate d'agmatine qu'à la limite du spot basique. Ces perturbations s'expliquent par la nature de base non amphotère de l'agmatine, très sensible à l'alcalinisation du milieu, alors que la migration de l'arginine et d'autres bases amphotères est peu modifiée. Ces faits donnent les raisons théoriques du R_f quintuplé de l'agmatine et de l'arcaïne lorsque les papiers sont préalablement imprégnés avec NaOH 0,2 N ([2]) alors que celui de l'arginine n'est que doublé et celui de la glycocyamine plus faible; ils sont en accord avec les techniques proposées par R. Munier ([3]) et E. F. Mac Farren ([4]) qui ont mis à profit la modification de l'état d'ionisation pour améliorer certains types de séparations. L'établissement successif d'équilibres ioniques différents en cours de chromatographie conduit à la mise en évidence d'une application particulière de la loi d'action des masses, celle-ci jouant alors en faveur de la formation du corps qui s'élimine par sa plus grande solubilité dans la phase organique mobile. L'étude systématique de l'influence des sels minéraux basiques sur la chromatographie en butanol acétique de l'agmatine a montré que : 1° l'agmatine subit des perturbations du même ordre; 2° la chromatographie du sel donne naissance par révélation au VB, à côté de la plage basique attendue, à une

plage acide, cette séparation s'expliquant par l'application de la loi d'action des masses à la chromatographie de partage invoquée précédemment. Il en est de même pour les sels acides et les sels organiques comme le chlorhydrate de méthylguanidine qui se dissocie complètement en HCl (R_f 0,25) et en une plage basique d'acétate de méthylguanidine (R_f 0,50). Bien plus, les sels neutres comme NaCl donnent les mêmes types de chromatogrammes. L'étude des différents sels essayés montre, par ailleurs, que, pour les halogénures, la plage acide précède la plage alcaline, alors que l'inverse est observé pour les sels d'oxacides.

Ces faits semblent indiquer de toute évidence l'hydrolyse des sels, même neutres, lors de la chromatographie en butanol acétique. De plus, nous avons éliminé l'influence possible de l'acidité du solvant sur la formation de plages acides en utilisant les phases solvantes déjà mentionnées privées d'acide acétique. L'expérience montre que l'on a les mêmes séparations en plages acides et basiques [5].

Il convenait dès lors de chercher à dissocier l'action des différents facteurs impliqués dans la séparation chromatographique en éliminant le facteur solubilité de partage, i.e. en réalisant les mêmes expériences avec l'eau pure comme solvant. Dans ces conditions on observe également l'apparition de plages acides et basiques; pour NaCl, par exemple, la superficie des plages en front de migration augmente avec la concentration, tandis que, depuis le départ, s'étale une traînée colorant en bleu le VB, ce qui paraît traduire l'échange de Na^+ par les groupements acides du papier [6], phénomène qui, associé à l'énergie fournie par le flux aqueux, serait responsable de l'hydrolyse du sel neutre. Cet échange d'ions paraît également objectivé par le fait que, dans l'eau pure, l'agmatine (guanidinium, ammonium) ne migre pratiquement pas, alors que l'acide guanidobutyrique (guanidinium, carboxylique) se déplace avec le front, l'arginine (guanidinium, amino-carboxylique) occupant une position intermédiaire. Cependant le problème des impuretés minérales du papier qui a préoccupé de nombreux auteurs dès le début de la chromatographie sur papier [7], se pose avec évidence dans nos expériences. Avec un papier lavé pendant plusieurs jours par capillarité à l'eau bidistillée (et non avec HCl afin de modifier le moins possible sa structure et de ne pas risquer l'apport d'anions adsorbés) on constate que les plages acides sont révélables à l'hélianthine alors que les plages basiques ne se révèlent pas à la phénolphtaléine, tout en virant au bleu avec le VB; c'est l'inverse avec un papier non lavé. Étant donné que le lavage d'un papier est une opération longue, délicate et toujours incomplète [8], il est difficile d'affirmer l'hydrolyse du sel en considérant la formation d'une zone basique, les impuretés du papier étant elles-mêmes basiques; par contre, l'apparition d'une zone acide forte est un argument extrêmement solide en sa faveur. Cette hydrolyse partielle de NaCl explique

alors que l'agmatine, chromatographiée dans l'eau en présence du sel, migre en front sous forme de chlorhydrate, alors qu'en son absence, elle reste au niveau de la zone de dépôt. Les conséquences théoriques et pratiques de ces observations dont l'étude se poursuit seront développées ultérieurement.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) S. LISSITZKY, I. GARCIA et J. ROCHE, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 436.

(2) J. ROCHE, W. FELIX, Y. ROBIN et N. V. THOAI, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1688.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1952, p. 852.

(4) *Anal. Chem.*, 23, 1951, p. 168.

(5) Westall (*Biochem. J.*, 42, 1948, p. 249) a vu incidemment le phénomène mais n'a pas poussé très avant ses expériences et ses explications concernent surtout l'emploi du phénol auquel il fait jouer un rôle actif dans les équilibres ioniques.

(6) A. J. P. MARTIN, *Ann. Rev. Biochem.*, 19, 1950, p. 517.

(7) A. H. GORDON, *Discussions Faraday Society*, n° 7, 1949, p. 128.

(8) F. H. POLLARD, J. F. W. Mc. OMIE et J. V. MARTIN, *The Analyst*, 81, 1956, p. 353.

IMMUNOCHIMIE. — *Essai d'identification des antigènes O des Salmonelles au moyen de l'oxydation periodique du polyoside spécifique.* Note (*) de Mlles **ANNE-MARIE STAUB** et **REGINA TINELLI**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les réactions immunologiques croisées entre le polyoside extrait de *S. typhi* (T), le polyoside extrait de *S. paratyphi* B (PB) et le polyoside T oxydé par l'acide périodique, montrent que parmi les quatre oses communs à T et PB, seuls le glucose et le rhamnose, liés de façon identique dans les deux polyosides, appartiendraient à leurs motifs antigéniques communs.

Chaque sérotype de Salmonelle possède à sa surface un agglutinogène glucido-lipido-protéidique dont la composition chimique détermine la spécificité immunologique, traduite schématiquement par les chiffres attribués à chaque Salmonelle dans la classification de White-Kauffmann.

Le polyoside, extrait de cet agglutinogène par hydrolyse acétique, ne contient pas tous les motifs antigéniques de l'agglutinogène (1); mais l'étude de sa constitution permettra de connaître la composition de quelques-uns de ces motifs. On sait (2) que de tels polyosides, extraits de diverses Salmonelles, contiennent presque toujours les mêmes oses : le glucose, le galactose, le mannose, le rhamnose et soit le tyvélose, soit l'abéquose. La spécificité des divers motifs antigéniques repose sur la nature des oses qu'ils contiennent, sur le mode de liaison de ces oses entre eux et sur leur place dans la molécule (3). Parmi les techniques utilisées pour étudier la constitution des polyosides nous avons choisi les réactions immunologiques croisées et l'oxydation par l'acide periodique, qui ne

porte que sur les oses liés en 1-6, les oses terminaux (2 mol de IO_4H oxydant 1 mol d'anhydrosucre et libérant 1 mol d'acide formique) et les oses liés en 1-4 (1 mol de IO_4H oxydant 1 mol d'anhydrosucre et ne libérant pas d'acide formique) ([4]).

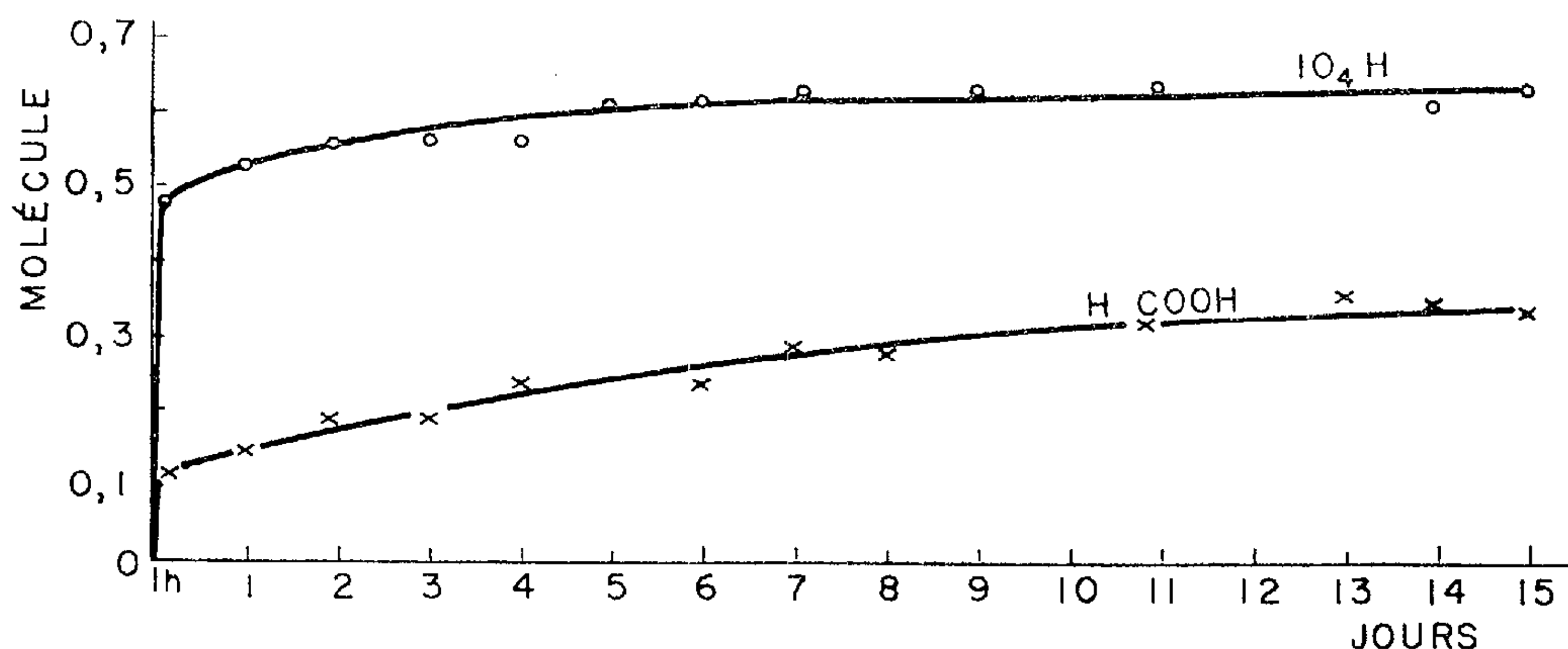


Fig. 1. — Molécule d'IO_4H utilisée ou d'H.COOH formée par molécule d'anhydrosucre.

Nous avons étudié les polyosides extraits ([5]) de deux Salmonelles contenant des antigènes propres et des antigènes communs : *S. typhi* (IX, XII_1, XII_2, XII_3) et *S. paratyphi* B (I, IV, V, XII_1, XII_2). Tous les motifs antigéniques communs aux deux polyosides entrent dans la composition des antigènes XII_1 et XII_2; tous les motifs propres au polyoside extrait de *S. typhi* (polyoside T) entrent dans la composition des antigènes IX et XII_3; tous les motifs antigéniques propres au polyoside extrait de *S. paratyphi* B (polyoside PB) entrent dans la composition des antigènes I, IV et V.

Le polyoside T a été oxydé par l'acide periodique N à 0° et à l'obscurité pendant 15 jours. La figure 1 montre que l'oxydation, rapide pendant les deux premières heures, se poursuit plus lentement ensuite; elle est complète après 7 jours. En rapportant arbitrairement les résultats des dosages de IO_4H et d'acide formique à 1 mol d'anhydrohexose, nous avons trouvé :

Acide periodique utilisé	0,64 mol
Acidité (exprimée en acide formique)	0,33 mol

ce qui montre qu'une partie seulement des oses constitutifs du polyoside T a été oxydée.

La chromatographie qualitative et quantitative des oses, obtenus après hydrolyse de ce polyoside oxydé (oxypolyoside), montre que le glucose et le rhamnose ont pratiquement disparu, que le tyvélose existe encore en faible quantité, alors que les galactose et mannose ne semblent pas avoir été oxydés.

Il était intéressant d'étudier les propriétés immunologiques de l'oxypolyoside. Nous avons utilisé la technique quantitative de M. Heidelberger et E. F. J. Kendall (6). L'oxypolyoside qui ne contient plus que du galactose, du mannose et un peu de tyvélose précipite encore un sérum anti-*S. typhi*; mais la quantité maximum d'azote, donc d'anticorps, obtenue lors de la précipitation de 1 cm³ de sérum par l'oxypolyoside est moindre qu'avec le polyoside intact, les anticorps anti-glucose (7), anti-rhamnose (et peut-être anti-tyvélose) n'étant pas précipités dans ces conditions; ces anticorps précipitent par contre lorsqu'on ajoute au sérum épuisé par l'oxypolyoside le polyoside intact. C'est ce que traduisent les résultats figurant dans le tableau.

*Azote des précipités spécifiques obtenus avec le sérum anti-*S. typhi.

		Sérum total contenant. Anti-glucose Anti-rhamnose Anti-galactose Anti-mannose Anti-tyvélose	Sérum épuisé par l'oxypolyosyde contenant. Anti-glucose Anti-rhamnose Anti-tyvélose
Antigènes utilisés	Polyoside T (glucose, galactose, mannose, rhamnose, tyvélose)........	200 μg	90 μg
	Oxypolyoside (galactose, mannose)...	88 μg	0 μg
	Polyoside PB (glucose, galactose, mannose, rhamnose, abéquose)...	79 μg	79 μg

On y voit en outre que le polyoside PB, qui contient en commun avec le polyoside T le glucose, le galactose, le mannose et le rhamnose, précipite la même quantité d'anticorps du sérum entier que du sérum épuisé par l'oxypolyoside, qui ne contient plus d'anticorps anti-galactose et anti-mannose. Il semble donc que le galactose et le mannose (ou le disaccharide qu'ils forment) du polyoside PB ne jouent aucun rôle dans la précipitation du sérum anti-*S. typhi* par ce polyoside. Ces deux oses n'entreraient donc pas dans la composition des antigènes XII_1 et XII_2, communs aux deux Salmonelles qui contiendraient, puisque le tyvélose n'existe pas dans le polyoside PB, du glucose et du rhamnose (ou l'un de ces deux oses) liés en 1-4, en 1-6 ou terminaux. Les antigènes IX et XII_3 contiendraient du galactose, du mannose et du tyvélose; les antigènes I, IV, V contiendraient du galactose, du mannose et de l'abéquose, mais le mode de liaison des hexoses et leur place dans la molécule différeraient suivant les antigènes : liaisons 1-3, par exemple pour les antigènes IX et XII_3, liaisons 1-4 ou 1-6, ou hexoses terminaux, pour les autres antigènes. Ces conclusions sont en accord avec les résultats obtenus, au moyen de réactions immunologiques croisées, par M. Heidelberger et F. Cordoba (8).

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) A. M. STAUB, *Ann. Inst. Past.*, **86**, 1954. p. 618.

(2) D. A. L. DAVIES, *Bioch. J.*, **59**, 1955, p. 696.

(3) M. HEIDELBERGER, *Ann. Review of Bioch.*, **25**, 1956, p. 641.

(4) J. COURTOIS, *J. exp. Ann. Bioch. Med.*, **9**, 1948, p. 225-280; P. FLEURY et J. COURTOIS, 8e *Conseil de Chimie Solvay*, R. Stoops, Bruxelles, 1950, p. 270-360.

(5) G. PON et A. M. STAUB, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **37**, 1955, p. 1283.

(6) *J. Exp. Med.*, **55**, 1932, p. 555.

(7) Pour simplifier l'exposé, nous utiliserons cette formule schématique, étant bien entendu que les anticorps sont spécifiques autant du mode de liaison des oses que de leur nature.

(8) *J. Exp. Med.*, **104**, 1956, p. 375.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15 h 50 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1956

(*Suite et fin.*)

Inversions spontanées et expérimentales dans les gonades des téléostéens, par UMBERTO D'ANCONA. Extrait des *Annales biologiques*. T. XXXII, fasc. 3-4, 1956; 1 fasc. 24,5 cm.

Microscopium, by MARIA ROOSEBOOM. Leiden, 1956; 1 vol. 31 cm.

Ciba Foundation symposium on Paper Electrophoresis, by G. E. W. WOLSTENHOLME and ELAINE C. P. MILLAR. London, J. and A. Churchill, 1956; 1 vol. 21 cm.

Rayonnements de particules atomiques, électrons et photons, par ANDRÉ BERTHELOT. Paris, Masson, 1956; 1 vol. 25 cm.

Grandeurs et Unités. Exposé critique des principaux systèmes, système Giorgi, par ANDRÉ FERRY. Introduction par GEORGES DARRIEUS. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 25 cm.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Comité mixte FAO/OMS d'experts de la nutrition. *Rapport sur la quatrième session*, publié conjointement par la FAO et l'OMS et paru également dans Organisation Mondiale de la Santé : Série de rapports techniques, n° 97. Rome 1955; 1 fasc. 24 cm.

Traité de Physique théorique et de Physique mathématique. Ouvrages réunis par JEAN-LOUIS DESTOUCHES. VI. *Les fondements de la Chimie théorique, Mécanique ondulatoire appliquée à l'étude des atomes et des molécules*, par RAYMOND DAUDEL. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 fasc. 25 cm.

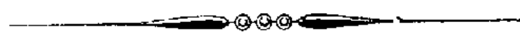
Association Française de recherches et d'essais sur les matériaux et les constructions. Journées d'extensométrie, 17, 18, 19 *février* 1955. Numéro spécial des Mémoires du groupement pour l'avancement des méthodes d'analyse des contraintes. Paris, 1955; 1 vol. 27,5 cm.

Monografie matematyczne. T. XXIV. *Mechanics*, par STEFAN BANACH, 1951. T. XXVIII. *Analytic Functions*, par STANISLAW SAKS and ANTONI ZYGMUND, 1952, traduits par E. J. SCOTT. Warszawa-Wroclaw, Nakladem Polskiego Towarzystwa Matematycznego; 2 vol. 25 cm.

Conselho Nacional de estatistica serviço Nacional de Recenseamento. VI. Recenseamento geral do Brasil, 1950. Série regional. Vol. XIV. Tomo 1, *Estado do Ceará*, censo demográfico. Série regional. Vol. XVI. Tomo 1, *Estado da Paraiba*, censo demográfico. Série regional. Vol. XVIII. Tomo 1, *Estado de Alagoas*, censo demográfico. Série regional. Vol. XXII. Tomo 1, *Estado do Espírito Santo*, censo demográfico. Série regional. Vol. XXV, Tomo 3, *Estado de São Paulo*, censos industrial comercial e dos serviços. Rio de Janeiro, 5 vol. 26,5 cm.

Union internationale pour la protection de la Nature, créée à Fontainebleau, le 5 octobre 1948, *Compte rendu.* Bruxelles; 1 fasc. 24 cm.

Union internationale pour la protection de la Nature. *Présentation selon un plan d'ensemble des principales résolutions votées par les Réunions techniques et les Assemblées générales de l'U. I. P. N.* Bruxelles, 1956; 1 liasse de feuilles, 27,5 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 NOVEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Eugène Darmois** signale à l'Académie la présence de M. **Mahmoud Hessaby**, Doyen de la Faculté des Sciences de Téhéran. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

PHYSIOLOGIE. — *De l'action stimulante cardiaque du sang de l'organisme en profonde hypothermie.* Note (*) de MM. **Jean Giaja** et **Jevto Radulović**.

Le sang du Rat en profonde hypothermie possède une forte action stimulante sur le cœur, qui explique quelques faits concernant l'influence de l'hypothermie et du froid sur le fonctionnement du cœur et la survivance du myocarde.

Nous avons montré ([1]) que chez le Rat qui avait récupéré sa température normale après avoir été pendant un certain temps en profonde hypothermie, le cœur accusait, après ouverture du thorax, une activité meilleure et prolongée par rapport au cœur du Rat qui n'avait pas été soumis à l'épreuve de refroidissement.

A la suite de cette constatation nous nous sommes demandé si le sang sous l'effet de l'hypothermie n'acquerrait pas des propriétés qui seraient en relation avec le phénomène cardiaque observé.

Il est connu depuis longtemps que le sang acquiert hors de l'organisme certaines propriétés stimulantes envers l'utérus, les vaisseaux et le cœur [O'Connor ([2]), H. Freund ([3]), H. Handovsky et E. Pick ([4])], fait retrouvé par Heuking et Szent-Györgyi (1922) pour le cœur isolé du Chat. Cette action a été attribuée à des substances apparaissant dans le sérum à la suite de la coagulation. Cependant même en l'absence de celle-ci, à condition qu'il ait séjourné un certain temps hors de l'organisme, le sang possède une action vaso-constrictive [P. Trendelenburg ([5])] et stimulante sur le cœur [D. Kostić ([6])]. De même dans les tissus et organes isolés apparaissent des

substances stimulantes, que Filatov ([7]) désigne par « stimulateurs biogènes »; ces substances apparaîtraient même au sein de l'organisme et seraient la cause de l'élévation du métabolisme dans la première étape du refroidissement de l'organisme [Cheynié ([7])].

Nos expériences, exécutées avec le sang du Rat en profonde hypothermie expérimentale, nous ont montré que dans l'organisme refroidi le sang acquiert des propriétés analogues à celles que l'on voit apparaître dans le sang hors de l'organisme. Les rats étant refroidis jusqu'à 15-13° par la méthode de confinement, on entretient cette hypothermie de 1 à 3 h, par une température ambiante appropriée. Le sang défibriné de ces rats en hypothermie est bien plus actif sur le cœur que celui de rats à température normale : le cœur de grenouille fatigué, se contractant à peine, se met à battre à une vive allure et avec des amplitudes qu'il n'est guère possible de dépasser, à la suite d'une injection de quelques gouttes de sang défibriné de Rat en profonde hypothermie. D'autre part, le sang complet de Rat en hypothermie injecté dans le cœur d'un rat à thorax ouvert prolonge très notablement la durée de ses battements.

L'effet stimulant de l'hypothermie sur le cœur se manifeste également dans les constatations suivantes.

Si l'on tue un rat en profonde hypothermie, par piqûre du bulbe et ouverture du thorax, et que, le cœur ayant cessé de battre, on place le cadavre à la glacière à 6-9°, le jour suivant on réussit à faire apparaître des mouvements cardiaques en versant directement sur le cœur du liquide de Ringer chauffé à 38-40°. Ces battements ne durent que quelques instants et le cœur ne donne plus signe de vie. Mais en replaçant le rat à la glacière on réussit le lendemain à provoquer de la même manière, de nouveau, des signes d'activité; de même les jours suivants. Ainsi nous avons observé, à la suite du réchauffement journalier du cœur, après les contractions ventriculaires des premiers jours, l'apparition de mouvements dans la région d'abouchement des grosses veines, plus de dix jours après la mort. Il est probable que ce phénomène est dû à l'apparition de substances stimulantes sous l'effet du refroidissement.

Nous avons vu que le sang de l'organisme en profonde hypothermie possède des propriétés analogues à celles que le sang normal acquiert en séjournant hors de l'organisme. Aussi peut-on se demander si le refroidissement du sang hors de l'organisme n'est pas pour quelque chose dans l'apparition de ses propriétés stimulantes. Généralement on ne tient compte que des modifications chimiques que le sang subit lorsqu'il est recueilli hors de l'organisme. Or le sang de l'homéotherme est un tissu adapté à l'homéostasie et il est possible qu'il soit sensible aux variations de température qu'on lui fait subir et qu'il y réagisse comme les autres tissus et organes. Nos expériences indiquent que le sang de l'organisme

normotherme ne possède pas dès sa sortie des vaisseaux les actions cardiaques mentionnées et que ce n'est qu'après un certain temps qu'elles font apparition. Dans ces conditions le refroidissement est au moins un des facteurs qui font apparaître les propriétés stimulantes, comme c'est l'hypothermie qui les fait apparaître dans l'organisme même. La notion d'hypothermie s'impose pour le sang aussi bien que pour tout autre tissu ou organe isolé et pour l'organisme même de l'homéotherme.

L'action favorable du refroidissement profond sur la survivance du myocarde confirme l'avantage, dans la transplantation et la culture des organes et des tissus d'homéothermes, du prélèvement de ceux-ci sur l'organisme préalablement refroidi.

(*) Séance du 5 novembre 1956.
(1) J. Giaja et J. Radulović, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2039.
(2) *Arch. f. exper. Path. u. Pharmak.*, 67, 1912, p. 195.
(3) *Arch. f. exper. Path. u. Pharmak.*, 86, 1920, p. 266; 91, 1921, p. 272.
(4) *Arch. f. exper. Path. u. Pharmak.*, 71, 1913, p. 62.
(5) *Arch. f. exper. Path. u. Pharmak.*, 79, 1915, p. 154.
(6) *Glasnik Srpske Akad. Nauka*, 2, 1950, p. 123.
(7) Filatov, *Tkanievaïa terapia. Académie des Sc. d'Ukraine*, Kiev, 1953.

M. **Maurice Fréchet** fait hommage à l'Académie d'un fascicule des *Annales de l'Institut Henri Poincaré* contenant : 1° un Mémoire dont il est l'auteur intitulé : *Les inégalités de Minkowski dégénérées et leurs applications en Calcul des Probabilités;* 2° un Mémoire de R. C. Geary intitulé : *Tests de la Normalité.*

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Pol Swings** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de M. *Eugène Delporte*, décédé.

DÉSIGNATIONS.

Sont désignés pour représenter l'Académie :

aux Cérémonies qui auront lieu à l'occasion du Centenaire de la naissance de **Émile Picard**, le 27 novembre 1956 à la Cité universitaire, et le 28 novembre à l'École centrale des Arts et Manufactures : le **Bureau**; la **Section de Géométrie**; MM. **Maurice de Broglie**, **Henri Villat**, **Joseph Pérès**, **Georges Poivilliers**, **Maurice Roy**;

à la Commémoration du deux cent-cinquantième anniversaire de la fondation de l'**Académie des sciences et lettres de Montpellier** qui aura lieu les 17 et 18 novembre 1956 : M. **Gaston Giraud** ;

à la Cérémonie qui sera organisée par l'**Académie de Rouen** en février ou mars 1957, à l'occasion du troisième centenaire de la naissance et du deuxième centenaire de la mort de **Fontenelle** : M. **André Couder**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Mémorial des sciences physiques. LXII. *Les filtres de fréquences*, par M. Paul Poincelot ;

2° Mémorial des sciences mathématiques. CXXXIV. *Les méthodes d'approximation variationnelles dans la théorie des collisions atomiques et dans la physique des piles nucléaires*, par MM. Théo Kahan, Guy Rideau et P. Roussopoulos ;

3° Bibliothèques de l'Institut Pasteur. *Catalogue des périodiques et des Congrès* et *Supplément* ;

4° Keith Swainger. *Analysis of deformation*. Volume three. *Fluidity* ;

5° Polska Akademia nauk. *Odrodzenie w Polsce*. Tom II. *Historia nauki*. cz 1, 2 ;

6° *Resultados generales referentes a la descripcion de un foton en un medio material*, por A. Battig.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'un théorème de Phragmen*. Note (*) de M. **Serge Vasilach**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Phragmen, (1) a démontré le

Théorème I. — *Si $g(x)$ est une fonction continue dans le compact $[0, X]$, alors*

$$\lim_{x \to \infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} \int_0^X e^{kx(u-\xi)} g(\xi)\, d\xi = \int_0^u g(\xi)\, d\xi. \tag{1}$$

Dans la présente Note nous exposons une extension du théorème I aux fonctions numériques de n variables ($n \geq 1$), ayant leurs supports dans R_+^n, en démontrant le

Théorème II. — *Si $g(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ est une fonction numérique continue dans*

le compact $\prod_{i=1}^{n}[0, x_i] \subset R_+^n$, on a

$$(2)\qquad \lim_{\substack{x_1 \to \infty \\ x_2 \to \infty \\ \dots \\ x_n \to \infty}} \sum_{k_1=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k_1-1}}{k_1!} \sum_{k_2=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k_2-1}}{k_2!} \cdots \sum_{k_n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k_n-1}}{k_n!}$$
$$\times \int_0^{X_1} \int_0^{X_2} \cdots \int_0^{X_n} e^{\sum_{i=1}^{n} k_i x_i (u_i - \xi_i)} g(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)\, d\xi_1\, d\xi_2 \dots d\xi_n$$
$$= \int_0^{u_1} \int_0^{u_2} \cdots \int_0^{u_n} g(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)\, d\xi_1\, d\xi_2 \dots, d\xi_n.$$

Démonstration pour $n = 2$, en montrant que l'on a

$$(3)\qquad \lim_{\substack{x \to \infty \\ y \to \infty}} \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{j-1}}{j!} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} \int_0^X \int_0^Y e^{jx(u-\xi)+ky(v-\eta)} g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta$$
$$= \int_0^u \int_0^v g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta \qquad \text{pour} \quad u \in [0, X],\ v \in [0, Y].$$

Posons

$$(4)\qquad \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \frac{(-1)^{j-1}}{j!} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} \int_0^X \int_0^Y e^{jx(u-\xi)+ky(v-\eta)} g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta$$
$$= I_{pq}(x, y) + K_{pq}(x, y);\ p,\ q \in N^*,$$

où

$$(5)\qquad I_{pq}(x, y) = \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \frac{(-1)^{j-1}}{j!} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} \int_0^u \int_0^v e^{jx(u-\xi)+ky(v-\eta)} g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta$$

et

$$(6)\qquad K_{pq}(x, y) = \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \frac{(-1)^{j-1}}{j!} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} \int_u^X \int_v^Y e^{jx(u-\xi)+ky(v-\eta)} g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta.$$

Les nombres entiers p et q étant finis, on peut permuter $\sum$ et $\int$ dans (5) et (6). D'autre part, on a

$$(7)\qquad \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \frac{(-1)^{j-1}}{j!} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} e^{jx(u-\xi)+ky(v-\eta)}$$
$$= 1 - \exp(-e^{x(u-\xi)}) - \exp(-e^{y(v-\eta)}) + \exp(-e^{x(u-\xi)}) \exp(-e^{y(v-\eta)})$$
$$+ \left(\sum_{j=p+1}^{\infty} \frac{(-1)^j}{j!} e^{jx(u-\xi)} \right) [1 - \exp(-e^{y(v-\eta)})]$$
$$+ \left(\sum_{k=q+1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k!} e^{ky(v-\eta)} \right) [1 - \exp(-e^{x(u-\xi)})]$$
$$+ \sum_{j=p+1}^{\infty} \frac{(-1)^j}{j!} e^{jx(u-\xi)} \sum_{k=q+1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k!} e^{ky(v-\eta)}.$$

Compte tenu de (7) on peut écrire

$$(8)\qquad I_{pq}(x, y) = \int_0^u \int_0^v g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta - J_1(x) - J_2(y) + J(x, y) + L_p(x, y) + L_q(x, y) + L_{pq}(x, y),$$

où J_1, J_2, J, L_p, L_q, L_{pq} représentent les fonctions obtenues en appliquant l'opération $\int_0^u \int_0^v (\,.\,) g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta$ aux termes du second membre de (7).

En posant $M = \max_{(\xi, \eta) \in [0, X] \times [0, Y]} |g|$, on trouve

$$(9)\qquad \begin{cases} \lim\limits_{\substack{p \to \infty \\ q \to \infty}} L_{pq}(x, y) = \lim\limits_{q \to \infty} L_q(x, y) = \lim\limits_{p \to \infty} L_p(x, y) = 0, \\ \lim\limits_{\substack{x \to \infty \\ y > 0}} J(x, y) = \lim\limits_{\substack{x > 0 \\ y \to \infty}} J(x, y) = \lim\limits_{y \to \infty} J_2(y) = \lim\limits_{x \to \infty} J_1(x) = 0. \end{cases}$$

Donc

$$(10)\qquad I_{pq}(x, y) = \int_0^u \int_0^v g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta.$$

D'autre part, on a

$$|K_{pq}(x, y)| \leq \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \frac{M}{j!\,k!} \int_u^X e^{jx(u-\xi)} d\xi \int_v^Y e^{ky(v-\eta)} d\eta < \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{q} \frac{M}{j!\,k!} \frac{1}{xy}.$$

Mais la série $\sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{j!\,k!}$ étant convergente, on a

$$\lim_{\substack{p \to \infty \\ q \to \infty}} K_{pq}(x, y) = \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{j-1}}{j!} \frac{(-1)^{k-1}}{k!} \int_u^X \int_v^Y e^{jx(u-\xi) + ky(v-\eta)} g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta = K(x, y)$$

avec

$$|K(x, y)| \leq \frac{M}{xy} \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{j!\,k!}$$

et

$$(11)\qquad \lim_{\substack{x \to \infty \\ y > 0}} K(x, y) = \lim_{\substack{x > 0 \\ y \to \infty}} K(x, y) = 0.$$

Compte tenu de (9), (10) et (11), on voit que la relation (4) donne, par passage à la limite, la relation (3), ce qui démontre le théorème 2 pour $n = 2$. Démonstration analogue pour $n > 2$.

Du théorème 2 on déduit le

Théorème 3 (théorème des moments bornés) [2]. — *Si $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ est une fonction continue dans le compact $\prod_{i=1}^{n} [0, X_i]$, et s'il existe un nombre positif* μ

tel que

$$\left|\int_0^{X_1}\int_0^{X_2}\cdots\int_0^{X_n} e^{\sum_{j=1}^{n} K_j x_j} f(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n\right| \leq \mu$$

pour $K_j \in N^*$, $(j = 1, 2, \ldots, n)$, *dans ces conditions on a* $f = 0$ *dans* $\prod_{i=1}^{n}[0, X_i]$.

Corollaire 1. — *Si g est une fonction continue dans le compact* $\prod_{i=1}^{n}[1, X_i]$, *et s'il existe un nombre positif* μ *tel que*

$$\left|\int_1^{X_1}\int_1^{X_2}\cdots\int_1^{X_n} x_1^{m_1} x_2^{m_2}\ldots x_n^{m_n} g(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n\right| \leq \mu$$

pour $m_i \in N^*$, $(i = 1, 2, \ldots, n)$, *alors on a* $g = 0$ *dans* $\prod_{i=1}^{n}[1, X_i]$.

Corollaire 2 (nouvelle démonstration du théorème de Lerch pour $n \geq 2$). — *Si f est une fonction continue dans le compact* $\prod_{i=1}^{n}[0, X_i]$, *et si*

$$\int_0^{X_1}\int_0^{X_2}\cdots\int_0^{X_n} x_1^{m_1} x_2^{m_2}\ldots x_n^{m_n} f(x_1, x_2, \ldots, x_n)\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_n = 0$$

pour $m_i \in N^*$, $(i = 1, 2, \ldots, n)$, *alors on a* $f = 0$ *partout dans* $\prod_{i=1}^{n}[0, X_i]$.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) E. Phragmen, *Acta Math.*, 27, 1903, p. 339-352.

(2) I. G. Mikusinski, *Stud. Math.*, 3, 1953, p. 51-55.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions de l'équation de Laplace dans le cas d'une symétrie cylindrique.* Note de M. **Serge Colombo**, présentée par M. Henri Villat.

La solution $u(r, z)$ de

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$$

pour les conditions définies $u(r, 0) = f(r)$, $\lim_{z \to \infty} u(r, z) = 0$, est fournie par

$$(1)\qquad u(r, z) = \int_0^{\infty} e^{-\xi z} \bar{f}(\xi)\, \mathcal{J}_0(r\xi)\, \xi\, d\xi$$

avec

$$(2)\qquad \bar{f}(\xi) = \int_0^{\infty} f(\rho)\, \mathcal{J}_0(\rho\xi)\, \rho\, d\rho;$$

une telle solution pourra être explicitée dans certains cas en remarquant que le

changement de variable $r=\sqrt{2t}$, $\xi=\sqrt{2s}$ conduit à écrire

$$\int_0^\infty e^{-tp}u(\sqrt{2t},\, z)\,dt=\frac{1}{p}\Phi\left(\frac{1}{p}\right)$$

avec

$$\Phi(p)=\int_0^\infty e^{-ps-z\sqrt{2s}}\bar{f}(\sqrt{2s})\,ds=\mathcal{L}\left\{e^{-z\sqrt{2s}}\bar{f}(\sqrt{2s})\right\}$$

car cette dernière relation doit entraîner

$$(3)\qquad \frac{1}{p}\Phi\left(\frac{1}{p}\right)=\mathcal{L}\left\{\int_0^\infty e^{-z\sqrt{2s}}\bar{f}(\sqrt{2s})\,\mathcal{J}_0(2\sqrt{ts})\,ds\right\}\qquad (\mathcal{R}p\geqq 0).$$

La formule d'inversion de Mellin donne ensuite

$$(4)\qquad u(r,\, z)=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}e^{\frac{r^2p}{2}}\Phi\left(\frac{1}{p}\right)\frac{dp}{p},$$

c étant une constante positive convenablement choisie. D'où, éventuellement, une nouvelle expression de la solution $u(r, z)$ par application de la formule des résidus.

Soit, par exemple, $\bar{f}(\xi)=(1/2a^2)e^{-(\xi^2/4a^2)}$ [ce qui correspond au cas $f(r)=e^{-a^2r^2}$]; on a

$$e^{-z\sqrt{2s}}\bar{f}(\sqrt{2s})=\frac{1}{2a^2}e^{-\frac{s}{2a^2}-z\sqrt{2s}}$$
$$=\mathcal{L}^{-1}\left\{\left(p+\frac{1}{2a^2}\right)^{-1}-\sqrt{\frac{\pi}{2}}z\left(p+\frac{1}{2a^2}\right)^{-\frac{3}{2}}e^{-\frac{z^2}{2p+\frac{1}{a^2}}}\left[1-\operatorname{erf}\left(\frac{z}{\sqrt{2p^2+\frac{1}{a^2}}}\right)\right]\right\},$$

où $\operatorname{erf}(x)$ désigne la « fonction d'erreur », $\operatorname{erf}(x)=(2/\sqrt{\pi})\int_0^x e^{-(y^2/2)}\,dy$. On est ici conduit à la solution

$$u(r,\, z)=e^{-a^2r^2}-\frac{az}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}e^{\left(\frac{r^2}{2}+\frac{a^2z^2}{p+2a^2}\right)p}\frac{\sqrt{\pi p}}{(p+2a^2)^{\frac{3}{2}}}\left[1-\operatorname{erf}\left(\frac{az\sqrt{p}}{\sqrt{p^2+2a^2}}\right)\right]dp.$$

Lorsque les conditions définies correspondent aux données $u(r, 0)=f(r)$, $u(r, h)=g(r)$, on a

$$(1')\qquad u(r,\, z)=\int_0^\infty\left[\frac{\operatorname{sh}(h-z)\xi}{\operatorname{sh}h\xi}\bar{f}(\xi)+\frac{\operatorname{sh}z\xi}{\operatorname{sh}h\xi}\bar{g}(\xi)\right]\mathcal{J}_0(r\xi)\,\xi\,d\xi.$$

et la même méthode reste en principe valable pour $0<z<h$, car il suffit de développer les facteurs de $\bar{f}$ et $\bar{g}$ en séries de Dirichlet.

La méthode se généralise à l'équation parabolique $\Delta u=c(\partial u/\partial t)$ en envisageant simultanément une transformation de Hankel et une transformation de Laplace [1].

Enfin, le cas des solutions de la forme

$$u(r, z) = v(r, z) \frac{\sin}{\cos} m\varphi$$

pour

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$$

conduit à des solutions du type

$$v(r, z) = \int_0^\infty e^{-\xi z} \bar{f}(\xi) \mathcal{J}_m(\xi r) \xi \, d\xi$$

et il faut alors appliquer la règle opérationnelle

$$p^{\frac{1}{m+1}} \Phi\left(\frac{1}{p}\right) = \mathcal{L}\left\{ \int_0^\infty \left(\frac{t}{s}\right)^{\frac{m}{2}} \mathcal{J}_m(2\sqrt{ts}) \, F(s) \, ds \right\}$$

où $\mathcal{L}\{F(t)\} = \Phi(p)$, règle qui généralise celle appliquée plus haut.

(1) H. Delavault, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2484.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la théorie des demi-groupes et classes de saturation de certaines intégrales singulières*. Note de M. **Paul L. Butzer**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Détermination de certaines classes de saturation pour un ensemble de demi-groupes opérant sur un espace de Banach faiblement complet.

Soit X un espace de Banach, x un de ses éléments de norme $\|x\|$. Soit $\{T(\xi)\}$, $\xi \geqq 0$ un demi-groupe d'opérations linéaires ayant X pour domaine et contre-domaine et jouissant des propriétés suivantes : $T(0) = I$, $T(\xi_1 + \xi_2) = T(\xi_1) T(\xi_2)$, $\lim_{\xi=0} T(\xi) x = x$ pour tout $x \in X$. Soit A le générateur infinitésimal de $\{T(\xi)\}$ défini par $\lim_{\xi=0} (1/\xi)[T(\xi)x - x] = Ax$ pour tout $x \in X$ lorsque cette limite existe. L'ensemble des éléments pour lesquels Ax existe et appartient à X est désigné par D(A).

J. Favard (1), (2) a introduit la notion de classe de saturation attachée à un procédé de sommation; nous définirons aussi ce concept pour un ensemble S de demi-groupes $\{T(\xi)\}$. Supposons qu'existe une fonction $\varphi^S(\xi)$ décroissante, tendant vers zéro, telle que $\|T(\xi)x - x\|$ n'est jamais de l'ordre de $o[\varphi^S(\xi)]$ (sinon x est invariant dans S, c'est-à-dire que $T(\xi)x \equiv x$ pour tout $\xi > 0$) et qu'il existe des éléments x non invariants, pour lesquels $\|T(\xi)x - x\|$ est effectivement $O[\varphi^S(\xi)]$; nous dirons que l'ensemble S se sature. Nous appellerons classe de saturation attachée à S, l'ensemble de tous les éléments x non invariants, tel que l'ordre de $\|T(\xi)x - x\|$ est exactement $O[\varphi^S(\xi)]$.

Le théorème fondamental est le suivant :

Théorème 1. — *Soit* X *un espace de Banach,* $T(\xi)$ *un demi-groupe possédant les propriétés précédentes :*

a. si $x \in D(A)$, *alors* $\|T(\xi)x - x\| \leqq \xi \|Ax\|$.

b. Réciproquement, si X *est faiblement complet et si* $\|T(\xi)x - x\| = O(\xi)$, *alors* $Ax = y$, $y \in X$ *et* $x \in D(A)$.

Ce théorème complète un résultat de E. Hille ([3]) selon lequel si

$$\lim_{\xi=0}\left(\frac{1}{\xi}\right)\|T(\xi)x - x\| = 0,$$

alors $T(\xi)x \equiv x$ et $Ax = 0$ pour tout $\xi > 0$. Si X est faiblement complet, de ces deux résultats on déduit que l'ensemble $\{T(\xi)\}$ est saturé avec une approximation de l'ordre $O(\xi)$, $\xi \to 0$ et la classe de saturation est l'ensemble des x qui appartiennent au domaine de A.

Voici quelques applications de ce résultat.

Soit $\sigma(r, t)$ l'intégrale d'Abel-Poisson pour le cercle-unité d'une fonction périodique $x(t) \in L_p(-\pi, +\pi)$, $1 \leqq p < +\infty$:

$$\sigma(r, t) = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{+\pi} \frac{(1 - r^2)\, x(t+u)}{2(1 - 2r\cos u + r^2)}\, du$$

Théorème 2. — *Le procédé de sommation d'Abel-Poisson de la série de Fourier de* $x(t) \in L_p(-\pi, +\pi)$ $(1 \leqq p < +\infty)$ *est saturé dans* $L_p(-\pi, +\pi)$ *avec l'approximation de saturation d'ordre* $O(\log 1/r)$ *et la classe de saturation est l'ensemble des fonctions* $x(t)$ *pour lesquelles la conjuguée* $\tilde{x}'(t)$ *de* $x'(t)$ *appartient à* $L_p(-\pi, +\pi)$.

Pour le procédé de Césaro-Féjèr $\sigma_n(t)$, M. Zamansky ([4]) a montré que pour que $\sigma_n(t)$ donne d'une fonction continue une approximation d'ordre $O(1/n)$ il faut et il suffit que $\tilde{x}(t)$ satisfasse à une condition de Lipschitz d'ordre 1 ; G. Alexis ([5]) a déterminé la classe de saturation de ce procédé dans $L_p(-\pi, +\pi)$ $(1 \leqq p < +\infty)$. Soit alors $w(t, \xi)$ l'intégrale de Gauss-Weierstrass d'une fonction $x(t) \in L_p(-\infty, +\infty)$ $(1 \leqq p < +\infty)$:

$$w(t, \xi) = \frac{1}{\sqrt{\pi\xi}}\int_{-\infty}^{+\infty} x(t+u)\, e^{-\frac{u^2}{\xi}}\, du.$$

Théorème 3. — *L'intégrale singulière* $w(t, \xi)$ *de* $x(t) \in L_p(-\infty, +\infty)$ *donne de cette fonction une approximation de l'ordre* $O(\xi)$ *au plus et pour qu'elle soit de cet ordre il faut et il suffit que* $x'(t)$ *et* $x''(t)$ *appartiennent à* $L_p(-\infty, +\infty)$.

Soit l'intégrale de Poisson pour $\xi > 0$:

$$p(t, \xi) = \frac{\xi}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{x(t+u)}{u^2 + \xi^2}\, du.$$

Théorème 4. — *La classe de saturation de l'intégrale* $p(t, \xi)$ *de la fonc-*

tion $x(t) \in L_p(-\infty, +\infty)(1 \leq p < +\infty)$ *est l'ensemble des fonctions appartenant à* $L_p(-\infty, +\infty)$ *et l'ordre d'approximation est* $O(\xi)$.

Dans une prochaine publication nous traiterons des classes de saturation des procédés d'Abel les développements en série de polynomes orthogonaux de Legendre, Laguerre et Hermite d'une fonction $x(t) \in L_2$.

(1) *Colloque d'Analyse harmonique* (Publ. du C.N.R.S., Paris, 1949).
(2) *Annali di Mathematica*, (4), **24**, 1949, p. 259-291.
(3) *Amer. Math. Soc. Coll. Publ.*, **31**, 1948, p. 323.
(4) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, **1**, 1949, p. 19-93.
(5) *Acta Math. Hung.*, **3**, 1952, p. 29-42.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Une équation aux différences pour le calcul approché des fréquences propres d'une membrane* (*méthode récurrente*). Note (*) de M. **Joseph Hersch**, présentée par M. Paul Montel.

Pour un réseau de triangles équilatéraux (fonctions de nœuds) ou d'hexagones réguliers (fonctions de cellules), on établit, par un raisonnement élémentaire de récurrence, une équation aux différences fournissant des approximations bien meilleures que la méthode classique. Il arrive que la solution soit exacte.

1. Considérons une membrane convexe G qu'on peut partager en triangles équilatéraux de côté $2h$; partageons encore chacun d'eux en quatre petits triangles, pour obtenir un réseau plus fin R_h de maille h. Soit u_h une *fonction de nœuds* sur R_h, satisfaisant une équation aux différences $L_h[u] = 0$, où

$$\begin{aligned} L_h[u] \equiv A_h u(x_0, y_0) - u(x_0+h, y_0) - u(x_0-h, y_0) - u\left(x_0+\frac{1}{2}h, y_0+\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \\ - u\left(x_0+\frac{1}{2}h, y_0-\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) - u\left(-x_0\,\frac{1}{2}h, y_0+\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \\ - u\left(x_0-\frac{1}{2}h, y_0-\frac{\sqrt{3}}{2}h\right), \end{aligned}$$

en tout nœud (x_0, y_0) intérieur de R_h.

2. *Récurrence*. — Appelons u_{2h} la restriction de u_h aux nœuds du réseau R_{2h}; je cherche à déterminer A_{2h} en sorte que $L_{2h}[u_{2h}]$ soit, sinon nul, du moins petit d'ordre élevé lorsque h est petit.

Dans les cas particuliers où l'expression

$$\begin{aligned} Z_h[u_h] \equiv - u(x_0+h, y_0) - u\left(x_0-\frac{1}{2}h, y_0+\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) - u\left(x_0-\frac{1}{2}h, y_0-\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \\ + u(x_0-h, y_0) + u\left(x_0+\frac{1}{2}h, y_0+\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) + u\left(x_0+\frac{1}{2}h, y_0-\frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \end{aligned}$$

s'annule pour tout nœud (x_0, y_0) de R_h, la recurrence est exacte et l'on

a $L_{2h}[u_{2h}] = 0$ avec

$$A_{2h} = \frac{A_h^2 - 4A_h}{2}. \tag{1}$$

Dans le cas général, $Z_h[u_h] = O(h^3)$ et, si l'on maintient la valeur de A_{2h} donnée par (1), $L_{2h}[u_{2h}]$ est petit comme $Z_h Z_h[u_h] = O(h^6)$. Je garde donc généralement la formule (1); celle-ci est satisfaite si l'on pose

$$A_h = 2 + 4\cos(kh),$$

où le coefficient k est encore libre.

3. Le *passage à la limite* $h \to 0$ montre que, si φ est une fonction « régulière » admettant aux nœuds du réseau les valeurs u, $L_h[u] = 0$ devient

$$\Delta\varphi + \frac{4}{3}k^2\varphi = 0,$$

c'est-à-dire $\Delta\varphi + \lambda\varphi = 0$ avec $\lambda = (4/3)k^2$. Nous devons donc poser

$$A_h = 2 + 4\cos\left(\frac{h}{2}\sqrt{3\tilde{\lambda}}\right), \tag{2}$$

et $\tilde{\lambda}$ sera une valeur approchée pour une valeur propre λ. *Cette relation remplace l'équation classique avec* $A_h = 6 - (3/2)\lambda^* h^2$.

4. *Conditions sur le contour.* — Pour une membrane liée ($\varphi = 0$ sur le contour), on posera $u = 0$ aux nœuds limitrophes du réseau; pour une membrane libre ($\partial\varphi/\partial n = 0$ sur le contour), on construira par *réflexion* des nœuds extérieurs au domaine étudié.

5. *Fonctions de cellules hexagonales.* — Le raisonnement de récurrence du paragraphe 2 peut être répété mot pour mot si l'on travaille avec le *réseau dual* (hexagones réguliers de côté $h^{\square}$) et des fonctions d'hexagones. Il faut cependant remarquer que $h = \sqrt{3}\, h^{\square}$, ce qui amène à poser

$$A_{h^{\square}} = 2 + 4\cos\left(\frac{3}{2}h^{\square}\sqrt{\tilde{\lambda}}\right). \tag{$2^{\square}$}$$

Sur le contour : on construit par réflexion des cellules extérieures au domaine. De plus, on admet que des cellules soient coupées par le contour en deux parties égales; dans le cas de la membrane liée, on y a $u = 0$.

Si le domaine n'est pas convexe, il y a lieu de préférer les fonctions de cellules aux fonctions de nœuds, sous peine de perdre tout l'avantage de la méthode. (Les fonctions de nœuds dépendent exagérément des *coins rentrants*; ceux-ci doivent être considérés comme des *points de ramification.*)

6. *Calcul effectif.* — On détermine d'abord les solutions $A^{(i)}$ ($i = 1, \ldots, n$) de l'équation caractéristique du système $L_h[u] = 0$; pour chaque $A^{(i)}$, on calcule ensuite les $\tilde{\lambda}_{i1} < \tilde{\lambda}_{i2} \leqq \ldots$ par la relation (2); $\tilde{\lambda}_{11}$ est une valeur

approchée pour λ; les $\tilde{\lambda}_{i1}$, pour des valeurs propres supérieures; il est douteux qu'on puisse sérieusement utiliser les $\tilde{\lambda}_{ik}$ avec $k \geq 2$. Si une fonction propre φ_m s'annule en tous les nœuds du réseau triangulaire $\left(\text{resp. si } \iint \varphi_m\, dx\, dy = 0 \text{ sur chaque cellule hexagonale}\right)$, il faut s'attendre à ce que la valeur propre correspondante λ_m ne soit approchée par aucune des $\tilde{\lambda}_{ik}$. Remarquons que la méthode récurrente exige essentiellement *le même travail* que la méthode classique (le calcul des $A^{(i)}$).

Pour une bande infinie $a < y < b$ et pour un triangle équilatéral, on obtient la valeur *exacte* de λ_1; cela s'explique aisément : $Z_h[u_h] = 0$ (§ 2), la récurrence est exacte.

7. *Exemple numérique*. — Membrane hexagonale de côté 1, liée le long du contour : calcul approché des premières valeurs propres.

gnes dales.	$h = 1$. Méthode		$h = \frac{1}{2}$. Méthode		$h = \frac{1}{3}$. Méthode		$h = \frac{1}{4}$. Méthode		
	class.	récurr.	class. (1).	récurr.	class. (1).	récurr.	class.	récurr.	Évaluations connues.
	4	**5,85**	6,28	**7,01**	6,77	**7,1**$_{15}$	6,93	**7,1**$_{3}$	$7 < \lambda < 7,17$ (2)
	–	–	13,3	**17,77**	15,87	**18**	16,85	**18,1**	$14 < \lambda < 18,2$ (2)
	–	–	18,7	**31,2**	25,6	**32,2**	28,5	**32,4**	$28 < \lambda < 32,6$ (2)
	–	–	20,4	**39,3**	28,6	**37,5**	32,66	**37,4**	$14 < \lambda < 37,8$ (2)
	–	–	21,3	**52,6**	33,5	**47**	39,2	**47,4**	$42 < \lambda \sim 50,3$ (2) $< 52,6$
	–	–	–	–	36	$\mathbf{\frac{16}{3}}\pi^2$	42,67	$\mathbf{\frac{16}{3}}\pi^2$	$\lambda = \frac{16}{3}\pi^2 \simeq 52,6$
....	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	–	–	–	–	45,8	**88,1**	62,25	**89,6**	$21 < \lambda \sim 93$ (2)

On remarquera les bonnes valeurs approchées obtenues pour les valeurs propres supérieures : c'est peut-être à tort que les équations aux différences sont réputées pratiquement inutilisables dans ce but.

8. *Autre méthode*.— On connaît, pour toute fonction satisfaisant à $\Delta\varphi + \lambda\varphi = 0$, la formule

$$J_0(\sqrt{\lambda}\, h)\varphi(z_0) = \frac{1}{2\pi} \oint_0^{2\pi} \varphi(z_0 + h e^{i\theta})\, d\theta \qquad (z = x + iy);$$

il s'ensuit que, si l'on pose $A_h = 6 J_0(\sqrt{\lambda}\, h)$, on a de nouveau (avec $u = \varphi$ sur les nœuds du réseau) $L_h[u] = O(h^6)$; nous pouvons donc, au lieu de (2), poser

$$A_h = 6 J_0(h\sqrt{\lambda}), \tag{3}$$

et $L_h[u]=0$ déterminera des valeurs approchées $\mathring{\lambda}$ pour les λ. (Pour des cellules hexagonales de côté $h^{\square}$, remplacer h par $\sqrt{3}\,h^{\square}$).

Les résultats numériques diffèrent relativement peu des précédents, car

$$2+4\cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}x\right)-6J_0(x)=\frac{x^6}{3840}+O(x^8).$$

(*) Séance du 22 octobre 1956.

[1] Les valeurs approchées indiquées dans cette colonne sont tirées du livre de L. COLLATZ, *Numerische Behandlung von Differentialgleichungen*, Springer, 2e éd., 1955, p. 369.

[2] G. PÓLYA, *Math. Z.*, 63, 1955, p. 331-337. Ce sont d'excellentes bornes supérieures pour nos six premières valeurs propres, et des valeurs approchées pour les suivantes (obtenues par application conforme normée sur un cercle).

CALCUL NUMÉRIQUE. — *L'intégration approchée des équations différentielles.* Note (*) de M. **FRANCIS CESCHINO**, transmise par M. Joseph Pérès.

Des formules sont données dans lesquelles l'ordre maximum des dérivées introduites est deux fois moins élevé que dans le développement de Taylor, pour une précision de même ordre.

Soit l'équation différentielle

$$(1)\qquad y'=f(x,y),\qquad y(x_0)=y_0,\qquad x_0\leq x\leq x_n.$$

Désignons par y_i la valeur calculée de $y(x_i)$ et par h_i la longueur de l'intervalle élémentaire (x_i, x_{i+1}) pour $i=0, \ldots, n-1$.

Le système de $k+1$ équations

$$\begin{aligned}
y_{i+1}&=y_i+h_i y'_i+\ldots+\frac{h^p}{p!}y_i^{(p)},\\
y'_{i+1}&=y'_i+h_i y''_i+\ldots+\frac{h^{p-1}}{(p-1)!}y_i^{(p)},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
y_{i+1}^{(k)}&=y_i^{(k)}+h_i y_i^{(k+1)}+\ldots+\frac{h^{(p-k)}}{(p-k)!}y_i^{(p)}.
\end{aligned}$$

permet d'éliminer k des dérivées $y_i^{(p)}, y_i^{(p-1)}, \ldots, y_i^{(p-k-1)}$ dans l'expression de y_{i+1}, sans diminuer d'ordre du terme d'erreur, mais introduit la valeur de k dérivées au point $i+1$ [1].

D'une façon générale, si l'on écrit y_{i+1} sous la forme

$$(2)\qquad y_{i+1}=y_i+h_i(a_1y'_i+b_1y'_{i+1})+\ldots+\frac{h_i^p}{p!}(a_py_i^{(p)}+b_py_{i+1}^{(p)}),$$

on montre que

$$a_j=\frac{C_{2p-j}^p}{C_{2p}^p},\qquad b_{p-j}=(-1)^{p-(j+1)}\frac{C_{p+j}^j}{C_{2p}^p}.$$

Si l'on introduit les valeurs de p dérivées en i et de $k \leqq p$ dérivées en $i+1$, on a, en conservant les mêmes notations

$$a_s = \frac{C_{p+k-s}^k}{C_{p+k}^k}, \qquad b_{k-r} = (-1)^{k-(r+1)} \frac{C_{p+r}^r}{C_{p+k}^k}.$$

Pour $p = k = 1$, on retrouve la formule de Runge ou des trapèzes.

Une formule de type (p, k), c'est-à-dire faisant intervenir p dérivées en i et k dérivées en $i+1$, est d'ordre $p+k$, c'est-à-dire implique un terme d'erreur d'ordre $p+k+1$ en h_i.

Dans l'intégration de l'équation différentielle (1), les formules précédentes peuvent être utilisées de la façon suivante :

En vue d'aboutir à une formule de type (p, p), telle que (2), d'ordre $2p$ en h_i, on détermine d'abord y_{i+1} à l'ordre p au moyen d'une formule de type $(p, 0)$, ce qui permet en vertu de (1) de calculer y'_{i+1} au même ordre. Utilisant alors une formule de type $(p, 1)$, on obtient y_{i+1} à l'ordre $p+1$, d'où, au même ordre y'_{i+1} et y''_{i+1} [par dérivation de (1)], et ainsi de suite.

Pour avoir y_{i+1} à l'ordre $2p$, $p(p+1)/2$ évaluations [de la fonction $f(x, y)$ ou de ses dérivées] sont nécessaires, mais seules les expressions des dérivées d'ordre $\leqq p$ sont introduites.

Le procédé, fournissant y_{i+1} successivement aux ordres $p, p+1, \ldots, 2p$, permet de déterminer pour tout i une valeur de h_i proche de l'optimum (valeur maximum de h_i correspondant à une erreur consentie fixée, absolue ou relative), ce qui est particulièrement intéressant lorsque la fonction $h(x)$ subit de fortes variations. En outre, chaque pas étant entièrement indépendant, il est facile de déterminer, lorsque c'est nécessaire, les coordonnées des points pour lesquels certaines fonctions prennent des valeurs données.

C'est ce procédé qui est actuellement utilisé pour la résolution du problème principal de la balistique extérieure sur machines à cartes perforées, son extension aux équations d'ordre supérieur ou aux sytèmes différentiels étant immédiate.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) W. E. Milne, *J. Research*, 43, 1949, p. 537-543.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Détermination du champ de vitesses en aval d'un choc détaché*. Note de MM. **Paul Guienne** et **Fernand Bouniol**, présentée par M. Maurice Roy.

La détermination des lignes de courant et des nombres de Mach en aval d'une onde de choc détachée, dans un écoulement bidimensionnel supersonique de fluide parfait, peut être effectuée à partir d'une seule mesure, celle de la masse spécifique ρ, obtenue, par exemple, par interférométrie.

Le calcul est effectué depuis une ligne de départ sur laquelle la vitesse est connue en grandeur et direction; cette ligne peut être la face aval de l'onde de choc, où la vitesse est calculée à partir du rapport ρ_1/ρ_0 des masses spécifiques de part et d'autre du choc, au moyen des équations du choc oblique.

Si M est le nombre de Mach, ψ l'angle de la vitesse locale avec la vitesse amont, et θ la fonction

$$(1)\qquad \theta = k \operatorname{arc\,tg} \frac{\sqrt{M^2-1}}{k} - \operatorname{arc\,tg} \sqrt{M^2-1},$$

il résulte de la théorie des caractéristiques que la valeur de $(\psi \pm \theta)$ sur une ligne de Mach varie en fonction de l'entropie S selon la loi

$$(2)\qquad d(\psi \pm \theta) = \mp \frac{1}{2\gamma R} \sin 2\alpha \, dS,$$

γ étant le rapport des chaleurs spécifiques du fluide, R la constante des gaz parfaits et α l'angle de Mach.

Soient deux points voisins P et Q où sont connues les valeurs locales de M, ψ, S ainsi que ρ'_i (masse spécifique d'arrêt isentropique).

Par le point Q, on mène une demi-droite inclinée de $-\alpha_R$ sur le vecteur-vitesse $\vec{V}_P$ et coupant en R le vecteur-vitesse issu de P.

L'entropie étant constante sur une ligne de courant sauf à la traversée d'une onde de choc, la valeur de ρ'_i en R est la même qu'en P; la masse spécifique ρ_R est donnée par l'interférogramme, d'où le nombre de Mach en R

$$(3)\qquad M_R^2 = \frac{2}{\gamma - 1}\left[\left(\frac{\rho'_{iP}}{\rho_R}\right)^{\gamma-1} - 1\right].$$

De M_R, on déduit α_R et θ_R.

Les points P et Q étant voisins, on peut écrire l'équation (3) sous forme de différences finies

$$(4)\qquad (\psi + \theta)_R = (\psi + \theta)_Q - \frac{1}{2\gamma R} \sin(\alpha_Q + \alpha_R)(S_R - S_Q),$$

avec $S_R = S_P$. La direction de la vitesse en R est obtenue au moyen des équations (1), (3) et (4), par l'identité

$$(5)\qquad \psi_R \equiv (\psi + \theta)_R - \theta_R.$$

Ces équations permettent d'effectuer un tracé par mailles à partir de l'onde de choc, ce qui résoud le problème de la détermination du champ supersonique.

Comme $(\psi + \theta)$ varie lentement en fonction de ψ, et que, d'autre part, en dehors du domaine transsonique, les lignes de Mach sont peu courbées, la méthode peut être appliquée en utilisant des mailles assez grandes tout en gardant une précision suffisante. Le tracé des lignes de courant supersoniques de la figure 2 a été effectué à partir de l'interférogramme reproduit sur la

figure 1 en prenant neuf points sur l'onde de choc. La précision de la méthode n'est limitée en pratique que par l'erreur possible sur la masse spécifique déduite de l'interférogramme qui, dans nos applications [1] ($M_0 = 1,96$), a

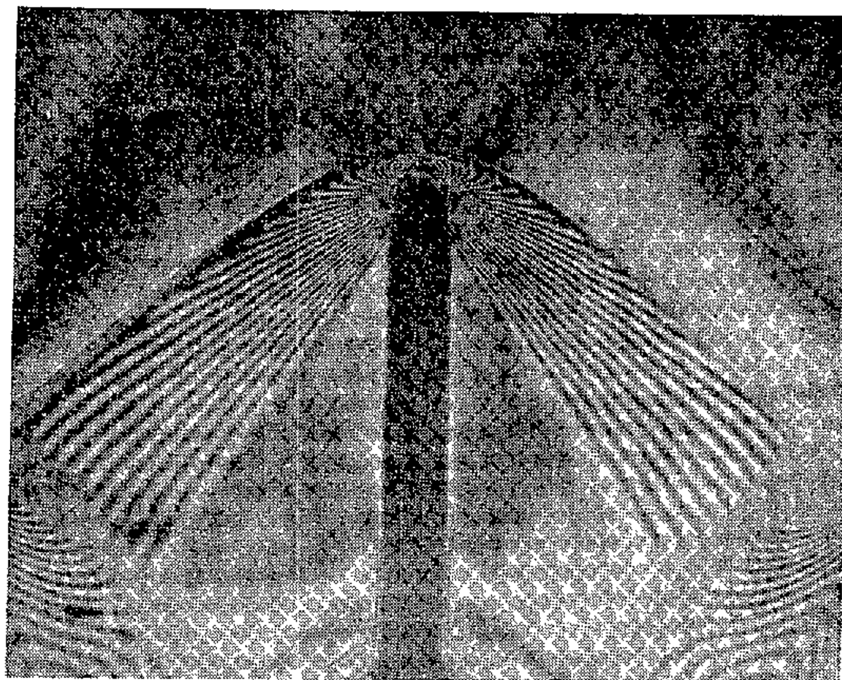


Fig. 1.

conduit à une incertitude de $\pm 0,015$ sur le nombre de Mach et de $\pm 0°,4$ sur la direction de la vitesse.

La méthode ci-dessus a, sur la méthode des caractéristiques, l'avantage de

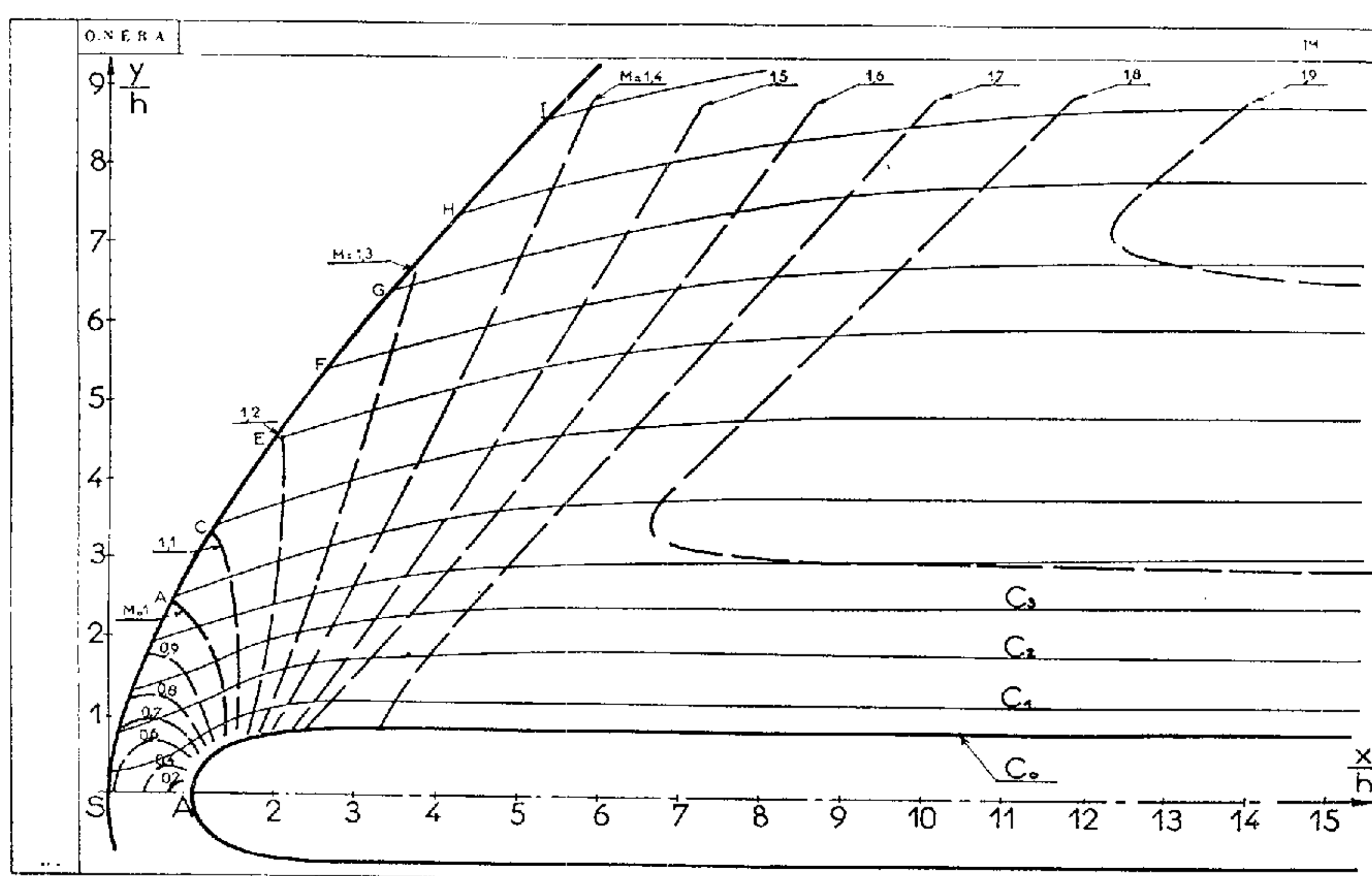


Fig. 2.

ne pas nécessiter d'itérations successives; en effet, le point R qui ferme la maille est sur une ligne de courant connue, ce qui détermine l'entropie, alors que dans la méthode des caractéristiques l'entropie est obtenue par approxi-

mations successives; d'autre part la masse spécifique étant donnée par l'interférogramme, on obtient immédiatement le nombre de Mach exact.

Une méthode simplifiée peut être utilisée : en un point L quelconque d'une ligne de courant AL passe une ligne de Mach ($-\alpha$) qui coupe le choc en C; la valeur exacte de ($\psi+\theta$) en L est

$$(\psi+\theta)=(\psi+\theta)_C-\frac{1}{2\gamma R}\int_C^L \sin 2\alpha\, dS. \tag{6}$$

Menons une droite LD faisant l'angle α_L avec la ligne de courant, α_L étant la valeur de l'angle de Mach en L.

Soit D l'intersection de cette droite avec le choc; l'expression approchée de ($\psi+\theta$)

$$(\psi+\theta)'=(\psi+\theta)_D-\frac{1}{2\gamma R}\sin 2\alpha_L(S_D-S_L,) \tag{7}$$

avec $S_L=S_A$, diffère de la valeur exacte (6) de la quantité

$$\Delta\psi=(\psi+\theta)_C-(\psi+\theta)_D-\frac{1}{2\gamma R}\int_C^L \sin 2\alpha\, dS+\frac{1}{2\gamma R}\sin 2\alpha_L(S_D-S_L). \tag{8}$$

Pour des nombres de Mach amont plus petits que 2, les points C et D sont très voisins, et $\Delta\psi$ est inférieur à 0°,1. Les équations (5) et (7) permettent dans ce cas de tracer rapidement une ligne de courant quelconque; les erreurs propres qui résultent de leur emploi sont inférieures à 0°,1 sur la direction de la vitesse, et à 0,001 sur le nombre de Mach.

Les lignes de courant du domaine subsonique en aval du choc s'obtiennent graphiquement à l'aide de l'équation de continuité, la masse spécifique étant déterminée en chaque point par l'interférométrie; il faut prendre comme ligne de courant initiale une ligne de courant supersonique déterminée par la méthode précédente, afin d'éviter les erreurs au voisinage du point d'arrêt qu'entraînerait l'utilisation du profil lui-même.

(1) P. GUIENNE et F. BOUNIOL, *Revue d'Optique*, Paris, 35, n° 4, avril 1956.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les mouvements rectilignes non stationnaires d'un fluide compressible visqueux et conducteur.* Note (*) de M. **HENRI CABANNES**, transmise par M. Joseph Pérès.

On indique un cas pour lequel les équations aux dérivées partielles du mouvement se réduisent à des équations différentielles ordinaires, dont l'intégration fait apparaître l'influence de la viscosité et de la conductivité thermique.

1. Les variables sont le temps t et l'abscisse x. Nous désignons par u, T et ρ la vitesse, la température absolue et la masse spécifique du fluide; par σ et Θ

la force due à la viscosité qui s'exerce sur l'unité de surface et l'équivalent mécanique de la quantité de chaleur qui traverse l'unité de surface pendant l'unité de temps. La pression p et l'énergie spécifique totale Λ vérifient les équations (1.1); $R=(\gamma-1)\, c_v$ est la constante des gaz parfaits, γ l'indice adiabatique supposé constant. Les équations du mouvement s'écrivent sous la forme (1.2). Les phénomènes de viscosité et de conductivité thermique sont régis par des lois que nous supposons linéaires; ces lois se traduisent alors par les équations (1.3), dans lesquelles les coefficients λ et μ seront supposés constants.

$$p=R\rho T, \qquad \Lambda=\rho\left(\frac{u^2}{2}+c_v T\right); \tag{1.1}$$

$$\begin{cases} \rho\left(\dfrac{\partial u}{\partial t}+u\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)+\dfrac{\partial p}{\partial x}=\dfrac{\partial \sigma}{\partial x}, \\ \dfrac{\partial \rho}{\partial t}+\dfrac{\partial(\rho u)}{\partial x}=0, \\ \dfrac{\partial \Lambda}{\partial t}+\dfrac{\partial}{\partial x}(\Lambda u+pu-\sigma u-\Theta)=0; \end{cases} \tag{1.2}$$

$$\sigma=\frac{4}{3}\mu\frac{\partial u}{\partial x}, \qquad \Theta=\lambda\frac{\partial T}{\partial x}. \tag{1.3}$$

2. Nous désignons par α et β deux constantes positives telles que les produits αt et βx constituent des variables sans dimensions. Nous introduisons les nouvelles variables $\tau=\alpha t$ et $\xi=\beta x e^{-\alpha t}$ et les nouvelles fonctions inconnues définies par les formules (2.1) dans lesquelles p_0 désigne une pression constante. Les équations du mouvement s'écrivent sous la forme (2.2)

$$\begin{cases} \beta u=\alpha e^{\tau}\, U(\tau, \xi), & \sigma=p_0\Sigma(\tau, \xi), \\ \beta^2 RT=\alpha^2 e^{2\tau} A(\tau, \xi), & p=p_0 P(\tau, \xi), \\ \alpha^2\rho=p_0\beta^2 e^{-2\tau}\Omega(\tau, \xi), & \Lambda=p_0 F(\tau, \xi), \\ \beta\Theta=p_0\alpha e^{\tau} B(\tau, \xi), \end{cases} \tag{2.1}$$

$$\begin{cases} P=A\Omega, \qquad F=\Omega\left(\dfrac{U^2}{2}+\dfrac{A}{\gamma-1}\right), \\ \Omega\left\{\dfrac{\partial U}{\partial \tau}+U+(U-\xi)\dfrac{\partial U}{\partial \xi}\right\}+\dfrac{\partial P}{\partial \xi}=\dfrac{\partial \Sigma}{\partial \xi}, \\ \dfrac{\partial \Omega}{\partial \tau}+(U-\xi)\dfrac{\partial \Omega}{\partial \xi}+\Omega\left(\dfrac{\partial U}{\partial \xi}-2\right)=0, \\ \dfrac{\partial P}{\partial \tau}+(U-\xi)\dfrac{\partial P}{\partial \xi}+\gamma P\dfrac{\partial U}{\partial \xi}=(\gamma-1)\left(\Sigma\dfrac{\partial U}{\partial \xi}+\dfrac{\partial B}{\partial \xi}\right), \\ \Sigma=\dfrac{4}{3}\dfrac{\alpha\mu}{p_0}\dfrac{\partial U}{\partial \xi}, \qquad B=\dfrac{\alpha\lambda}{Rp_0}\dfrac{\partial A}{\partial \xi}. \end{cases} \tag{2.2}$$

La variable τ ne figurant pas explicitement dans les équations (2.2), il existe des solutions pour lesquelles les fonctions inconnues dépendent de la seule variable ξ. Pour ces solutions, les équations (2.2) se réduisent à des équations différentielles ordinaires (E).

3. Lorsque les coefficients de viscosité et de conductivité thermique sont nuls, l'intégration des équations (E) se fait par quadratures ([1]). Les fonctions $Y(\xi)$ et $Z(\xi)$, définies par les formules (3.1), vérifient les équations (3.2), dont on déduit l'intégrale première $(\gamma Y - Z)^{\gamma+1} Z^{-1}$,

$$(3.1)\qquad Y = -\frac{U}{U-\xi}, \qquad Z = \frac{\gamma P U^2}{\Omega (U-\xi)^2};$$

$$(3.2)\qquad \xi \frac{Y'}{Y} = -(Y+Z)\frac{Y+1}{Z-1}, \qquad \xi \frac{Z'}{Z} = -(\gamma+1) Y \frac{Y+1}{Z-1},$$

Lorsqu'une onde de choc se propage suivant la loi $\beta x = e^{\alpha t}$ dans un fluide au repos, à pression constante p_0 et dans lequel la masse spécifique a pour valeur $\rho = \sigma_0 x^{-2}$ ($\sigma_0 =$ const.), l'écoulement après le choc est du type précédent. Les équations du choc déterminent les valeurs des fonctions inconnues sur l'onde de choc, c'est-à-dire pour $\xi = 1$.

4. Lorsque les coefficients de viscosité et de conductivité thermique sont infinis, les fonctions $U(\xi)$ et $A(\xi)$ sont des constantes et l'intégration des équations (E) se fait encore par quadratures. On obtient les résultats suivants :

$$(4.1)\qquad \begin{cases} P(\xi) = P(1)\left(\dfrac{U-1}{U-\xi}\right)^2, \\ \Sigma(\xi) - \Sigma(1) = P(\xi) - P(1) + \Omega(1)\, U \left(\dfrac{U-1}{U-\xi}\right)^2, \\ B(\xi) - B(1) = -\dfrac{P(1)}{\gamma - 1}(U-1)^2 \log|U-\xi|. \end{cases}$$

5. Les trajectoires des molécules fluides, intégrales de l'équation différentielle $dx - u\, dt = 0$, sont définies en fonction du paramètre ξ par les formules (5.1) dans lesquelles ψ désigne une quantité constante sur chaque trajectoire.

$$(5.1)\qquad \alpha t = \log\psi + \int_1^\xi \frac{d\xi}{U(\xi)-\xi}, \qquad \beta x = \psi\xi \int_1^\xi \frac{d\xi}{U(\xi)-\xi}.$$

Dans le cas d'une viscosité et d'une conductivité thermique infinies, on en déduit que les trajectoires sont les exponentielles définies par l'équation (5.2). Dans le cas d'une viscosité et d'une conductivité thermique nulles, on déduit des équations différentielles du mouvement que l'on a après le choc l'inégalité $U(\xi) > U(1)$, ce qui entraîne l'inégalité (5.3)

$$(5.2)\qquad \beta x = \psi + U(1)\{e^{\alpha t} - \psi\},$$

$$(5.3)\qquad \psi\xi \int_1^\xi \frac{d\xi}{U(\xi)-\xi} > \psi + U(1)\{e^{\alpha t} - \psi\}.$$

La dernière inégalité indique que la viscosité et la conductivité thermique ont pour influence de diminuer la vitesse du fluide ; ce résultat est conforme à la notion intuitive que l'on a de ces phénomènes.

(*) Séance du 10 septembre 1956.

([1]) C. W. Jones, *Proc. Roy. Soc. London*, A 228, 1954, p. 82-99.

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Propriétés des écoulements unidimensionnels permanents d'un gaz quelconque dans une tuyère de section variable ou non avec échange de chaleur et dissipation d'énergie due à la viscosité.* Note de M. **Marcel Wanner**, présentée par M. Maurice Roy.

1. Un tel écoulement est régi par les relations :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{dV}{V} - \dfrac{\sigma'_p}{\sigma}\,dp - \dfrac{\sigma'_s}{\sigma}\,dS = -\dfrac{dA}{A} & \text{(relation de continuité);} \\ V\,dV + \sigma\,dp = -\,df & \text{(relation des forces vives);} \\ T\,dS = dq + df & \text{(principe de Carnot-Clausius);} \end{cases}$$

(A, section de la tuyère; V, vitesse de l'écoulement; σ, volume spécifique; p, pression; T, température; S, entropie spécifique; dq, chaleur absorbée par le gaz dans la tranche considérée de longueur dx, pendant le temps $1/m$, où m est le débit spécifique; df, énergie dissipée par viscosité dans la tranche pendant le temps $1/m$).

Dans ces relations, les variables indépendantes prises pour définir l'état du gaz sont p et S.

En éliminant dp et dS entre les relations (1) et en introduisant le nombre de Mach $M = V/a$, où a désigne la célérité adiabatique du son $\sigma(-\sigma'_p)^{-1/2}$, on obtient :

$$(2)\quad (1-M^2)\frac{dV}{V} = \frac{-dA}{A} + \frac{1}{T\sigma}\sigma'_S(dq+df) - \frac{\sigma'_p}{\sigma^2}\,df,$$

d'où l'on déduit par un calcul simple :

$$(3)\quad (1-M^2)\frac{dM}{M} = -\left[1 + \frac{\sigma\sigma''_{p^2} - 2\sigma'^2_p}{2\sigma'^2_p}M^2\right]\frac{dA}{A} + \frac{1}{2T}\left[\frac{\sigma''_{pS}}{\sigma'_p} + \frac{\sigma'_S\sigma''_{p^2} - \sigma'_p\sigma''_{pS}}{\sigma'^2_p}M^2\right](dq+df) - \frac{\sigma''_{p^2}}{2\sigma\sigma'_p}\,df$$

Les variables p et S peuvent dans la relation précédente être considérées comme des fonctions implicites de M et de x définies par les équations :

$$(4)\quad m^2\sigma'_p + A^2M^2 = 0 \qquad \text{(relation de continuité),}$$

$$(5)\quad \lambda + \frac{m^2\sigma^2}{2A^2} - q = \text{const.} \qquad \text{(principe de conservation de l'énergie),}$$

où λ est l'enthalpie spécifique.

Le problème de la détermination de l'écoulement unidimensionnel qui correspond à un état (p_0, S_0, M_0) dans une section de référence ainsi qu'à des fonctions $A(x)$, $q(x)$, $f(x)$ ou plus généralement à des fonctions $A(x)$, $q(x, S, p, M)$, $f(x, S, p, M)$ est ainsi théoriquement ramené à la résolution de l'équation différentielle (3).

Remarquons que :

$$\frac{\sigma\sigma''_{p^2} - 2\sigma'^2_p}{2\sigma'^2_p} = \frac{1}{\sigma}\, a a'_p. \tag{6}$$

2. La valeur $M = 1$ qui annule le coefficient de dM dans l'équation différentielle (3) constitue une valeur singulière. L'état sonique $M = 1$ ne peut être atteint qu'en une section dite critique, immédiatement en amont de laquelle le second membre K de l'équation (3) est positif; il ne peut être franchi en une telle section, le gaz passant d'un régime subsonique à un régime supersonique ou *vice versa*, que si K s'annule en passant du signe positif au signe négatif. Aucun écoulement unidimensionnel n'existe au-delà d'une section critique où K est positif : cette section est nécessairement l'orifice aval de la tuyère.

3. Les propriétés des écoulements des gaz quelconques sont qualitativement analogues à celles des gaz parfaits à chaleurs spécifiques constantes, sous réserve que soient vérifiées les inégalités

$$\sigma'_S > 0, \qquad a'_p > 0, \qquad \sigma''_{p,S} < 0, \qquad \sigma'_S\sigma''_{p^2} - \sigma'_p\sigma''_{p,S} > 0 \tag{7}$$

qui semblent valables pour tous les gaz connus et qui expriment dans le diagramme de Clapeyron (σ, p) qu'à σ constant T croît avec p, que sur toute isentropique a croît avec p, que la valeur absolue du coefficient angulaire de la tangente à l'isentropique décroît, à p constant, quand σ croît, et croît à σ constant, quand p croît.

4. On constate qu'au cours d'une évolution adiabatique sans frottement, donc isentropique, a et T varient dans le même sens que p, alors que σ, V et M varient en sens inverse; quant à A, il varie dans le même sens que p, si M est inférieur à 1, et en sens inverse si M est supérieur à 1.

5. Sur le diagramme de Clapeyron, le point représentatif de l'écoulement dans une tuyère cylindrique, avec échange de chaleur et sans frottement, décrit une droite, dont le coefficient angulaire $-m^2/A^2$ est, en chaque point, égal, d'après la relation (4), au produit du carré du nombre de Mach par le coefficient angulaire de la tangente à l'isentropique. σ, V et M varient en sens inverse de p; S varie en sens inverse de p, si M est inférieur à 1, dans le même sens, si M est supérieur à 1. Quand on fournit de la chaleur au gaz à partir d'un état quelconque, M se rapproche constamment de 1; la chaleur maximum susceptible d'être absorbée à partir de cet état est atteinte pour $M = 1$. Notons la relation

$$\sigma'_S\, dq = T(1 - M^2)\, d\sigma. \tag{9}$$

6. Si l'on se pose maintenant le problème de la détermination de l'écoulement d'un gaz pour des fonctions $A(x)$, $T(x)$, $f(x)$, on est amené à développer des calculs analogues, en définissant l'état du gaz par les variables p et T, au lieu de p et S, et en utilisant le nombre $M_1 = V/a_1$ où a_1 est la célérité isotherme

du son. La relation (3) est alors remplacée par la relation analogue :

$$(3') \qquad (1 - M_1^2)\frac{dM_1}{M_1} = -\left[1 + \frac{\sigma\sigma''_{p^2} - 2\sigma'^2_p}{2\sigma'^2_p} M_1^2\right]\frac{dA}{A} + \left[\frac{\sigma''_{p.T}}{2\sigma'_p} + \frac{\sigma'_T\sigma''_{p^2} - \sigma'_p\sigma''_{p.T}}{2\sigma'^2_p} M_1^2\right] dT - \frac{\sigma''_{p^2}}{2\sigma\sigma'_p}\,df$$

où la variable p peut être considérée comme une fonction implicite de M_1 et x définie par l'équation :

$$(4) \qquad m^2\sigma'_p + A^2 M_1^2 = 0.$$

C'est maintenant $M_1 = 1$ qui constitue une valeur singulière de l'équation différentielle (3') et des considérations analogues à celles du paragraphe 2 peuvent être développées.

On constate que :

$$(9) \qquad \frac{M_1^2}{M^2} = \frac{a^2}{a_1^2} = \gamma,$$

où γ est le rapport des chaleurs spécifiques c_p et c_σ.

Les gaz connus vérifient des inégalités qui se déduisent des inégalités (7) en substituant les variables p et T à p et S ainsi que a_1 à a. Dans ces conditions au cours de l'écoulement étudié au paragraphe 5, M_1 varie en sens inverse de p, alors que T varie en sens inverse de p si M_1 est inférieur à 1, dans le même sens si M_1 est supérieur à 1. T atteint sa valeur maximum pour $M_1 = 1$. Notons que :

$$(8') \qquad \sigma'_T\, dT = (1 - M_1^2)\, d\sigma.$$

Des relations (8) et (8'), on déduit :

$$(10) \qquad dq = C_p \frac{1 - M^2}{1 - \gamma M^2}\, dT.$$

7. Pour les gaz parfaits à chaleurs spécifiques constantes, les relations (3) et (3') s'écrivent :

$$(3_1) \qquad \frac{1 - M^2}{1 + \frac{\gamma - 1}{2}M^2}\frac{dM}{M} = -\frac{dA}{A} + (1 + \gamma M^2)\frac{d\tau}{2\tau} + \frac{\gamma\, df}{a^2}$$

$$(3'_1) \qquad (1 - M_1^2)\frac{dM_1}{M_1} = -\frac{dA}{A} + (1 + M_1^2)\frac{dT}{2T} + \frac{df}{a_1^2}$$

où τ désigne la température totale.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la dissipation relative d'énergie par cycle de déformation à basse fréquence, propriété spécifique de la matière.* Note (*) de M. **Paul Le Rolland** et Mme **Élizabeth Plenard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons appliqué de façon systématique la méthode pendulaire proposée par l'un de nous ([1]) et utilisant les vibrations forcées d'un corps solide, à la détermination de la perte d'énergie relative par cycle de déformation (rapport $k = \Delta W/W$ de l'énergie dissipée en chaleur à l'énergie potentielle maxima mise en jeu dans le cycle) pour chercher à reconnaître si, comme le suggère la Note précitée et comme certains auteurs l'admettent, cette grandeur peut bien être considérée comme une véritable propriété spécifique des corps solides définissant leur amortissement.

Rappelons que cette méthode consiste à observer le décrément logarithmique d'un pendule oscillant à l'extrémité libre de l'éprouvette :

1° lorsque cette dernière est immobilisée (décrément δ_1);

2° lorsqu'elle oscille librement (décrément δ_2).

Le décrément « fictif » $\delta = \delta_2 - \delta_1$, est évidemment dû à la seule dissipation d'énergie par l'éprouvette et l'on trouve qu'il est lié à la quantité k par la relation

$$k = 2\delta \frac{\mathfrak{T}}{W},$$

$\mathfrak{T}$ étant l'énergie totale du système « éprouvette-pendule ».

Le calcul de $\mathfrak{T}/W$ conduit à l'expression remarquablement simple :

$$k = \delta N,$$

N étant le nombre de coïncidences entre deux pendules identiques dont les mouvements correspondent respectivement aux cas (1) et (2). On utilise pour sa détermination un pendule auxiliaire.

Les avantages que présente cette méthode sont, d'une part qu'elle permet d'utiliser des éprouvettes même très rigides et d'autre part, qu'en raison de son caractère « différentiel », elle élimine pratiquement toutes les causes parasites de dissipation d'énergie (par l'air, les couteaux, les supports, etc...) qui correspondent souvent à de graves erreurs dans d'autres méthodes.

Nous avons voulu utiliser dans nos essais, non seulement cette méthode de vibrations forcées mais aussi, à titre de comparaison, les méthodes mettant en jeu les vibrations propres de flexion et de torsion (avec ou sans masse liée à l'éprouvette). Dans le cas de la flexion la formule permettant le calcul de k doit tenir compte du soulèvement de la masse dû à la courbure de l'éprouvette et l'on a alors

$$k = 2\delta \frac{\mathfrak{T}}{W} = 2\delta \frac{1}{1 - \left(\frac{T_1}{T_0}\right)^2}$$

T_1 étant ici la période propre du pendule lié à l'éprouvette et T_0 celle d'un pendule de

même masse (masse à laquelle on doit ajouter la fraction 33/140 de celle de l'éprouvette) qui oscillerait autour d'un point situé au-dessous de l'encastrement, à une distance de ce point égale au 1/3 de la longueur de l'éprouvette.

Dans le cas de la torsion on a simplement $k = 2\delta$.

Ces méthodes de vibrations propres ne permettant pas d'éliminer l'effet des résistances parasites, nous avons cherché à réduire l'importance relative de ces dernières, en étudiant d'abord un corps à grande capacité d'amortissement : le Plexiglas.

Le tableau suivant rassemble les résultats obtenus (aux environs de 18°).

	Vibrations propres.			
	Flexion			
Vibrations forcées.	avec masse de 1165 g.	avec masse de 70 g.	sans masse.	Torsion.
0,510	0,516	0,515	0,513	0,516

Dans ce tableau on ne voit aucune indication relative à l'amplitude (ou à la contrainte) maximum, ni à la fréquence. C'est que dans les limites de nos expériences (la tension ayant augmenté de 10 à 50 g/mm² et la fréquence de 0,3 à 5) et à la température ambiante, la valeur de k s'est montrée rigoureusement indépendante de ces deux variables. Elle est également indépendante de la nature de la déformation.

Tirons maintenant la conséquence du fait expérimental très important que la dissipation relative d'énergie k est indépendante de la tension. Dans une déformation hétérogène (flexion ou torsion) on peut diviser par la pensée, le corps de forme quelconque, en éléments 1, 2, ..., n assez petits pour que dans chacun d'eux la déformation puisse être considérée comme homogène; or, nous venons de voir que l'expérience nous conduit à affirmer que ces divers éléments ont le même coefficient de dissipation relative d'énergie.

Nous pouvons donc écrire, l'énergie étant une propriété additive :

$$k = \frac{\Delta W_1}{W_1} = \frac{\Delta W_2}{W_2} = \ldots = \frac{\Delta W_n}{W_n} = \frac{\Sigma \Delta W_i}{\Sigma W_i} = \frac{\Delta W}{W}$$

Nous sommes ainsi amenés à prévoir que la constante $k = \Delta W/W$ doit être indépendante des dimensions et de la forme de l'échantillon. Ce fait a été vérifié à l'approximation de 2 % environ :

1° la longueur de l'éprouvette ayant varié de 9,8 à 40,2 cm (et corrélativement le nombre N, proportionnel à la rigidité, étant passé de 507 à 12,9), k est resté invariable;

2° des trous ou entailles ayant été pratiqués dans l'éprouvette de façon à en modifier nettement la forme, k est resté remarquablement constant alors que N variait de 480,9 à 11,17.

Le raisonnement précédent très simple a un caractère nettement intuitif; il n'est pas applicable aux grandeurs dont on se sert très souvent pour définir l'amortissement : décrément, acuité de la résonance, déphasage entre déformation et effort. Par contre, il met nettement en lumière la valeur de définition de la dissipation relative d'énergie.

Des expériences analogues ont été faites avec des éprouvettes de fonte. Nous avons retrouvé, dans ce cas, le fait bien connu que lorsque la tension diminue, le décrément diminue également plus ou moins vite, en tendant aux faibles amplitudes vers une valeur limite (0,01 à 0,05 selon la nature des fontes étudiées). Mais pour une fonte donnée, cette valeur limite s'est montrée ici encore tout à fait indépendante des dimensions et de la forme de l'éprouvette.

Enfin, toujours pour les fontes, nous avons comparé la valeur de k trouvée par la méthode pendulaire à oscillations forcées, avec celle que l'on obtient à partir de l'aire de la boucle d'hystérésis observée dans un essai de traction : ces valeurs concordent à 10% près.

En conclusion, nous voyons que c'est l'expérience elle-même qui impose de façon absolue, pour définir l'amortissement comme propriété spécifique d'un solide, la considération de la dissipation relative d'énergie par cycle de déformation sous la réserve toutefois, qu'au moins pour les métaux ce cycle soit d'amplitude suffisamment faible (réserve analogue à celle qui concerne une autre propriété intrinsèque de la matière, son module d'Young).

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) Paul Le Rolland, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 37.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation de la proportion de lumière polarisée dans la pénombre, au cours de l'éclipse partielle de Lune, du* 15-16 *juillet* 1954. Note (*) de M. **Jean-Henri Focas**, présentée par M. André Danjon.

La proportion de lumière polarisée, mesurée sur certaines régions du disque lunaire, au cours de leurs passages par des zones d'intensité croissante de la pénombre, varie en fonction de leur distance au centre du cône d'ombre; elle tend vers zéro à la limite de la vraie ombre.

Nous avons observé, à l'Observatoire National d'Athènes, l'éclipse partielle de Lune du 15-16 juillet 1954, dans le but de déterminer : *a*. la proportion de lumière polarisée dans la pénombre ainsi que la direction du plan de polarisation; *b*. la courbe d'intensité de la pénombre. Au cours des observations, les conditions atmosphériques ont été très favorables.

Le polarimètre Lyot a été utilisé au foyer d'un petit objectif de 41 mm de diamètre, monté sur le tube du réfracteur de 40 cm. La proportion de lumière polarisée P′ a été mesurée sur les points du disque lunaire indiqués dans le tableau I, qui ont traversé la pénombre à des distances D au centre du cône d'ombre, variant entre 60′ et 45′.

TABLEAU I.

Région des mesures.	Angle de phase V.	D.	P' (en millièmes).
Mare Serenitatis	0° 57'	60'	−5,0
»	0 45	51	−2,2
Partie centrale du disque (terres)	0 57	51	−2,6
	0 45	48	−1,2
Bord Ouest	0 57	57	−2,4
»	0 45	45	−1,0
Mare Imbrium	0 51	55	−1,7
Apennins	0 51	48	−0,6
Tycho	0 51	40	0,0
Oceanus Procellarum	0 45	51	−2,6
Bord Est	0 45	54	−3,2

Pour la détermination de l'intensité des zones concentriques de la pénombre, nous avons effectué trois négatifs au foyer du réfracteur de 40 cm et mesuré au microphotomètre de Hartmann des points connus pour être à peu près de même éclat (*voir* Table relative de Graff dans *Handbuch der Astrophysik*, vol. IV), situés à des distances de 71' à 37' du centre du cône d'ombre. Les valeurs de l'intensité de la pénombre, pour la distance D des points mesurés au centre du cône d'ombre, sont données dans le tableau II.

TABLEAU II.

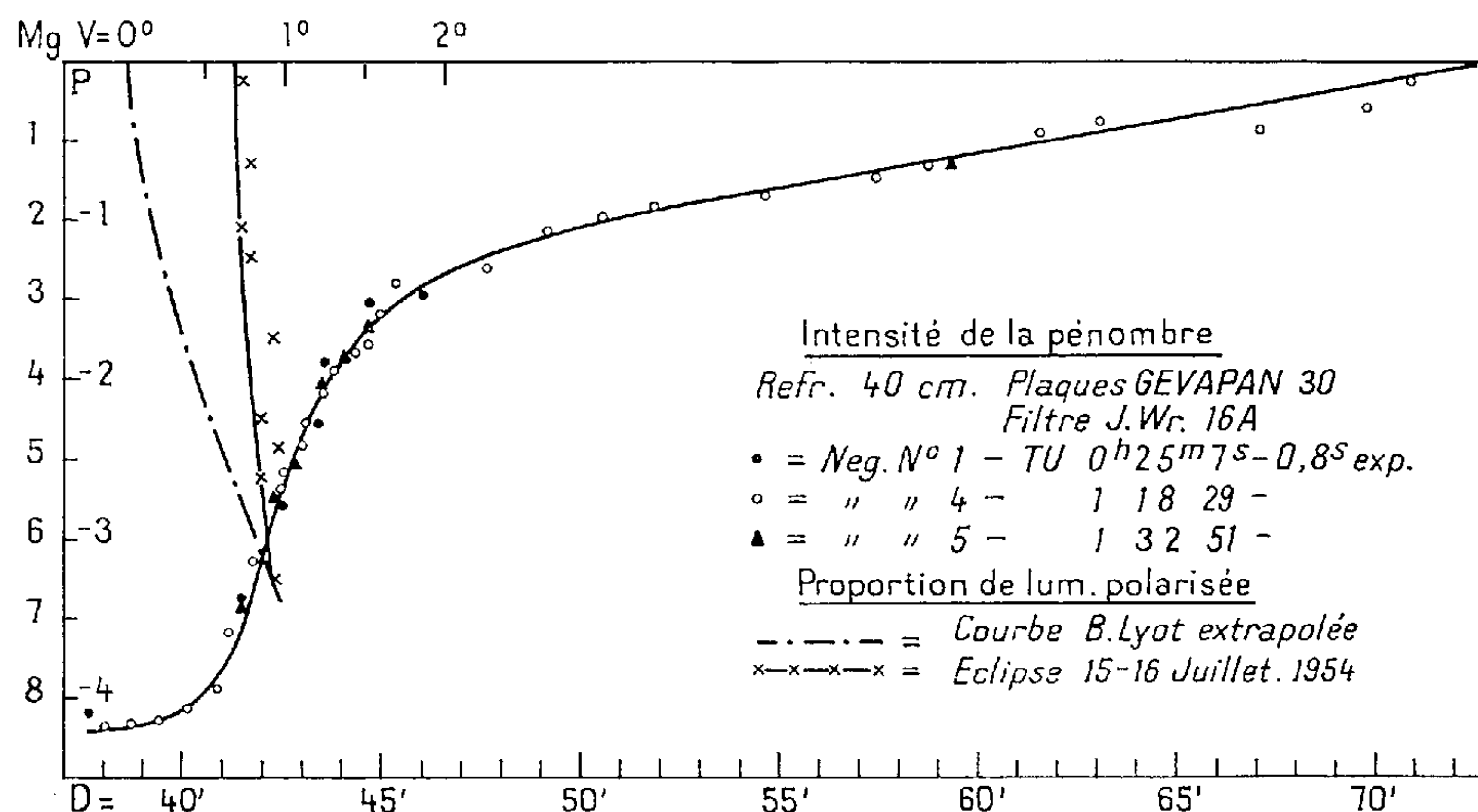
Négatif n° 1 T. U. 0h 25m 7s.		Négatif n° 4 T. U. 1h 18m 29s.						Négatif n° 5 T. U. 1h 32m 51s.	
D.	log *i*.	D.	log *i*.	D.	log *i*.	D.	log *i*.	D.	log *i*.
44',9	2,67	63',2	4,00	47',8	3,28	42',6	2,26	71',2	4,00
43,6	2,38	61,8	3,95	45,4	3,23	42,4	2,13	70,0	3,85
43,2	2,08	60,4	3,83	45,0	3,03	41,8	1,82	67,2	3,74
42,6	1,65	59,0	3,80	44,7	2,90	41,5	1,60	59,5	3,56
41,6	1,16	57,6	3,77	44,3	2,88	41,2	1,45	46,1	2,94
37,6	0,60	54,8	3,66	43,9	2,76	40,8	1,16	44,7	2,78
		52,0	3,60	43,6	2,66	40,1	1,06	44,2	2,63
		50,6	3,54	43,3	2,51	39,4	1,00	43,6	2,48
		49,2	3,48	42,9	2,41	38,7	1,00	42,7	2,06
						38,0	0,99	42,4	1,90

D'après les données des tableaux I et II, nous avons tracé les courbes figurant dans le graphique ci-après.

L'examen de ces courbes permet les conclusions suivantes :

La courbe photométrique de la pénombre, à partir de 72' jusqu'à 45' de distance au centre du cône d'ombre, montre une pente assez régulière sur à peu près 3,2 magnitudes. A partir de 45' de distance au centre du cône d'ombre jusqu'à la limite géométrique de l'ombre, fixée à 41',5, l'intensité de la

pénombre croît rapidement de 3,6 magnitudes. L'amplitude totale de la pénombre jusqu'à la bordure de la vraie ombre est de 7,8 mg environ. La bordure de l'ombre présente une largeur d'environ 3'.



La polarisation de la lumière de la Lune pour des angles de vision inférieurs à 2° ne peut être étudiée qu'au cours des éclipses de Lune. Les mesures relatives sont alors effectuées dans la pénombre. La lumière répandue dans la pénombre provient en partie de la lumière solaire directe et en partie de la lumière solaire réfractée dans l'atmosphère terrestre.

Nous avons pu constater, au cours des éclipses précédentes, que les franges du polarimètre sont visibles ou se devinent dans la bordure de l'ombre ou dans l'ombre elle-même, ou sont complètement invisibles selon la brillance de l'éclipse.

Au cours de l'éclipse lunaire du 15-16 juillet 1954 les franges du polarimètre avaient cessé d'être pratiquement visibles à partir de 45' de distance au centre du cône d'ombre, c'est-à-dire sont restées invisibles dans la bordure de la vraie ombre et l'ombre elle-même.

Nous avons étudié comment varie la proportion de lumière polarisée mesurée sur des points choisis du disque lunaire, lorsqu'ils traversent les zones d'intensité croissante de la pénombre : Les mesures effectuées se rapportent, entre autres, à trois points du disque lunaire qui ont traversé la pénombre à partir de 60' jusqu'à 45' de distance au centre du cône d'ombre. La proportion de lumière polarisée mesurée sur ces points, présente la variation suivante :

	D parcourue.	P'.	Différence.
M. Serenitatis...........	60' à 51'	−5,0 à −2,2	2,8 mil.
Centre disque...........	51' à 48'	−2,6 à −1,2	1,4 »
Bord Ouest.............	57' à 45'	−2,4 à −1,0	1,4 »

Il en résulte une diminution rapide de la proportion de lumière polarisée, au fur et à mesure que les points mesurés pénètrent dans la zone centrale de la pénombre, qui, pour la région centrale du disque a atteint 0,5 millième par minute de distance au centre du cône d'ombre. La polarisation s'annule au bord de l'ombre.

Il serait possible de caractériser les conditions momentanées régnant sur le terminateur terrestre pendant les éclipses de Lune, selon la variation de la proportion de lumière polarisée dans la pénombre en fonction de la distance au centre du cône d'ombre, et la visibilité éventuelle des franges du polarimètre dans la bordure de l'ombre et dans l'ombre.

(1) Séance du 5 novembre 1956.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *L'influence des termes négligés dans l'approximation de Born et Oppenheimer sur le calcul de l'intensité des bandes infrarouges.* Note de M. **Savo Bratož**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il a été démontré dans un précédent article que l'on peut assez facilement tenir compte de l'interaction négligée dans l'approximation de Born et Oppenheimer (1) entre le mouvement des électrons et des noyaux dans une molécule (2). On doit remplacer l'énergie potentielle solution du problème électronique à noyaux fixes par une autre fonction des coordonnées nucléaires appelée énergie potentielle effective. Cette énergie modifiée une fois introduite, on peut utiliser les méthodes usuelles pour calculer les niveaux vibratoires du système considéré. Rien n'a, cependant, été prouvé en ce qui concerne les probabilités des transitions vibratoires. On peut se demander s'il est possible de trouver également un moment dipolaire effectif $\vec{M}_{ef}$ de telle façon que les probabilités mentionnées puissent être calculées à partir des formules habituelles. Le but de cet article est de démontrer que cela est, en effet, possible.

Le moment de transition $\vec{M}_{ab}$ entre les deux états vibratoires a et b appartenant à l'état électronique fondamental est défini par l'intégrale

$$(1)\qquad \vec{M}_{ab}=\int \Psi_a \vec{M} \Psi_b \, d\tau.$$

Dans l'approximation de Born et Oppenheimer les Ψ_a (et Ψ_b) sont donnés sous la forme d'un simple produit $\Phi_1 \Psi_1^a$ (ou $\Phi_1 \Psi_1^b$). Φ_1 représente la fonction d'onde de l'état électronique fondamental et Ψ_1^a (ou Ψ_1^b) une des fonctions d'onde vibratoires associées. Le moment de transition est facile à écrire dans cette approximation.

On obtient

(2 a) $$M_{ab}^{\mathrm{B0}} = \int \Phi_1 \Psi_1^a \vec{M} \Phi_1 \Psi_1^b \, de \, dX = \int \Psi_1^a \vec{M}_{11} \Psi_1^b \, dX,$$

(2 b) $$\int \Phi_1 \vec{M} \Phi_1 \, de = \vec{M}_{11}.$$

Si l'on tient compte de l'interaction entre les électrons et les noyaux, les Ψ_a (et Ψ_b) deviennent beaucoup plus complexes. En introduisant le paramètre symbolique λ on peut écrire (2) (avec c égal à a ou b) :

(3) $$\Psi_c = \Psi_c^0 + \lambda \Psi_c^1 + \ldots,$$

(4) $$\Psi_c^0 = \Phi_1 \Psi_1^c,$$

où

(5) $$\Psi_c^1 = \sum_n{}' \frac{C_{n1} \Psi_1^c}{U_1 - U_n},$$

(6) $$C_{n1} = \sum_S \frac{1}{M_S} \left(\int \Phi_n P_S \Phi_1 \, de \, P_S + \frac{1}{2} \int \Phi_n P_S^2 \Phi_1 \, de \right) = \sum_S \left(A_{n1}^S \frac{\partial}{\partial X_S} + B_{n1}^S \right),$$

Φ_n étant la fonction d'onde de l'état électronique n calculée dans l'approximation de Born et Oppenheimer et U_n à une petite correction près (2), l'énergie du même état; les X_s représentent les coordonnées nucléaires.

Pour évaluer le moment de transition dans l'approximation où l'on tient compte des termes négligés par Born et Oppenheimer, on porte dans (1) l'expression de Ψ_a (et Ψ_b) donnée par (3); le développement qui en résulte pour $\vec{M}_{ab}$ est analogue en développement pour Ψ_a (ou Ψ_b) :

(7) $$\vec{M}_{ab} = \vec{M}_{ab}^0 + \lambda \vec{M}_{ab}^1 + \ldots = \int \Psi_a^0 \vec{M} \Psi_b^0 \, d\tau + \lambda \left(\int \Psi_a^0 \vec{M} \Psi_b^1 \, d\tau + \int \Psi_a^1 \vec{M} \Psi_b^0 \, d\tau \right) + \ldots.$$

Son premier terme

(8) $$\vec{M}_{ab}^0 = \int \Psi_a^0 \vec{M} \Psi_b^0 \, d\tau = \int \Phi_1 \Psi_1^a \vec{M} \Phi_1 \Psi_1^b \, de \, dX = \int \Psi_1^a \vec{M}_{11} \Psi_1^b \, dX = \vec{M}_{ab}^{\mathrm{B0}}$$

est identique à (2); il représente le moment de transition provenant de l'approximation de Born et Oppenheimer, résultat auquel on pouvait s'attendre. Il est, cependant, important de constater que le second terme peut également s'écrire sous la forme

(9) $$\int \Psi_1^a \vec{N} \Psi_1^b \, dX,$$

$\vec{N}$ étant une fonction (vectorielle) des coordonnées nucléaires seulement et non des dérivées $\partial/\partial X_S$. Pour le vérifier, on substitue (4), (5) et (6) dans le second

terme de (7). On trouve aisément

$$(10)\qquad \vec{M}^1_{ab}=\int \Phi_1 \Psi^a_1 \vec{M} {\sum_n}' \frac{\Phi_n}{U_1-U_n}\left(\sum_S A^S_{n1}\frac{\partial \Psi^b_1}{\partial X_S}+B^S_{n1}\Psi^b_1\right) de\, dX$$
$$+\int \Phi_1 \Psi^b_1 \vec{M} {\sum_n}' \frac{\Phi_n}{U_1-U_n}\left(\sum_S A^S_{n1}\frac{\partial \Psi^a_1}{\partial X_S}+B^S_{n1}\Psi^a_1\right) de\, dX$$
$$-{\sum_{ns}}'\left(\int \Psi^a_1 \frac{\vec{M}_{1n}A^S_{n1}}{U_1-U_n}\frac{\partial \Psi^b_1}{\partial X_S}dX+\int \Psi^b_1 \frac{\vec{M}_{1n}A^S_{n1}}{U_1-U_n}\frac{\partial \Psi^a_1}{\partial X_S}dX\right)$$
$$+2{\sum_{ns}}'\int \Psi^a_1 \frac{\vec{M}_{1n}B^S_{n1}}{U_1-U_n}\Psi^b_1\, dX.$$

On a utilisé l'abréviation

$$(10\,a)\qquad \vec{M}_{1n}=\int \Phi_1 \vec{M}\, \Phi_n\, dl.$$

On se rend compte que les termes contenus dans la seconde somme possèdent déjà la propriété cherchée et qu'ils sont de la forme (9). Les termes contenus dans la première somme peuvent, d'autre part, aisément y être ramenés par l'intégration partielle. On trouve facilement

$$(11)\qquad \vec{M}^1_{ab}=\int \Psi^a_1\left(2{\sum_{ns}}'\frac{\vec{M}_{1n}B^S_{n1}}{U_1-U_n}-\sum_{ns}\frac{\partial}{\partial X_S}\frac{\vec{M}_{1n}A^S_{n1}}{U_1-U_n}\right)\Psi^b_1\, dX.$$

Le moment de transition peut finalement s'écrire sous la forme suivante :

$$(12)\qquad \vec{M}_{ab}=\int \Psi^a_1 \vec{M}_{ef}\Psi^b_1\, dX,$$

avec

$$(12\,a)\qquad \vec{M}_{ef}=\vec{M}_{11}+{\sum_{ns}}'\left(2\frac{\vec{M}_{1n}B^S_{n1}}{U_1-U_n}-\frac{\partial}{\partial X_S}\frac{\vec{M}_{1n}A^S_{n1}}{U_1-U_n}\right).$$

On peut donc traiter les problèmes concernant les intensités des bandes infrarouges par les méthodes usuelles, même si l'on tient compte des termes négligés dans l'approximation de Born et Oppenheimer, à condition que le moment dipolaire usuel soit remplacé par le moment dipolaire effectif $\vec{M}_{ef}$ donné par l'équation (12 *a*).

(1) M. Born et J. R. Oppenheimer, *Ann. Phys.*, 84, 1927, p. 457.
(2) R. Daudel et S. Bratož, *Cahiers de Physique* (sous presse).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistance électrique des alliages cuivre-aluminium.* Note de (*) Mme **Geneviève Darmois** et M. **Sylvain Janssen**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'un de nous a attiré il y a quelque temps l'attention sur l'aspect chimique de la conductibilité des alliages [1]. L'étude des diagrammes binaires d'alliages révèle l'existence de combinaisons intermétalliques, par exemple Cu_2Al pour les alliages Cu-Al. Or les mesures de résistance électrique montrent que, très souvent, l'alliage est beaucoup plus résistant que les métaux composants et surtout le coefficient de température (C.T.) de la résistivité de l'alliage est nettement inférieur à celui des métaux purs. Pour Cu_2Al, la résistivité est 28 $\mu\Omega$/cm au lieu de 2,5 pour Al et 1,6 pour Cu. Le C. T. entre 0 et 100° est 0,0006 pour Cu_2Al et 0,004 pour les deux métaux. La valeur très faible du C. T. n'avait été expliquée par aucune théorie. Nous avons proposé précisément une explication que nous résumons comme suit. La théorie électronique des métaux admet que la conductibilité spécifique est proportionnelle au nombre des électrons libres par centimètre cube. Or, dans la combinaison intermétallique, ce nombre est peu élevé. Quand on chauffe le composé, il se dissocie en redonnant les deux métaux composants qui se dissocient en libérant des électrons, d'où une cause d'augmentation de n qui doit s'opposer à la diminution habituelle de conductivité. Nous avons montré par l'examen de quelques données de la littérature relatives à certains alliages que l'augmentation de n pouvait « surcompenser » la diminution de conductibilité, de sorte que le C. T. de la résistance pouvait devenir égatif.

Pour appuyer cette théorie par de nouvelles mesures, nous avons décidé d'étudier plus en détail les alliages Al-Cu. Dans ce but nous avons préparé à partir des métaux purs des alliages à différentes teneurs en cuivre. Ces alliages ont été fondus avec les précautions habituelles et trempés. Les résistivités ont été mesurées à l'aide d'un pont genre Thomson qui sera décrit ailleurs. L'échantillon est placé dans un four dont on peut faire monter la température à raison de 10° par minute. Nous donnons ci-après deux exemples de mesures.

Dans un alliage de composition 11,4 % Al et 88,6 % Cu, on découpe une série de barres. La courbe $\rho = f(t)$ de la figure 1 est relative à une barre parallélépipédique dont les dimensions sont : longueur 70 mm; largeur 3,93 mm; épaisseur 2,95 mm. La température a été montée jusqu'à 1020° C. On voit sur la figure 1 que la résistivité monte d'abord, passe *par deux maxima* vers 600°, puis subit une chute brusque à partir de 650°. Vers 720° C, la résistance tombe au-dessous de toute valeur mesurable. Ce

phénomène persiste dans l'intervalle 720-780° C. A cette dernière température, la résistance réapparaît brusquement; elle remonte ensuite avec la température pour atteindre environ 32 μΩcm à 1020°. Au refroidissement, effectué à la même vitesse, la courbe ne montre plus la chute brusque de ρ.

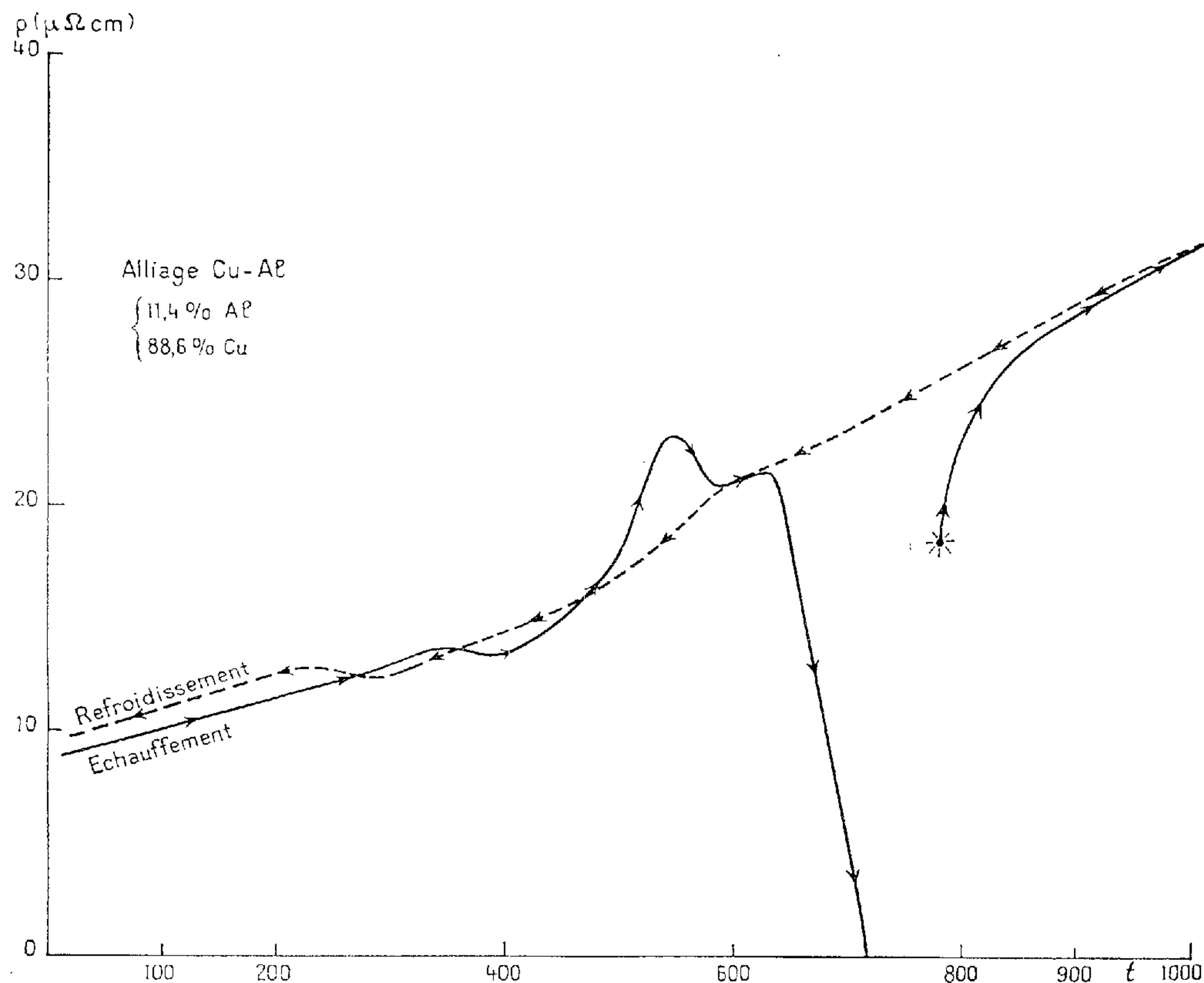


Fig. 1.

Avec différentes barres découpées dans le même alliage, nous avons retrouvé plusieurs fois la même singularité avec réapparition de la résistance à 780°. La chute de ρ était plus brutale avec les barreaux découpés au voisinage de la surface du lingot, la température du 2e maximum de ρ étant plus élevée pour ces échantillons. Sur d'autres échantillons découpés plus au centre du lingot, nous n'avons pas observé la chute brusque. La variation de ρ avec T est alors linéaire.

On peut essayer de mettre ces résultats en parallèle à partir de 600° C avec ceux donnés par l'étude du diagramme binaire Cu-Al. Nous avons utilisé le diagramme publié par l'Institute of Metals dans le livre *Aluminium bronze* de la Copper Development Association (7e éd. revue, 1955). Une verticale tracée sur le diagramme, pour le pourcentage 11,4 Al, coupe vers 630° la courbe de solubilité limite $\alpha + \beta \rightleftharpoons \beta$, mais rien n'y indique

une singularité vers 780°. Cette température est au contraire marquée par une horizontale séparant les deux domaines $\alpha + \gamma_1$ et $\beta + \gamma_2$, mais cette fois entre les deux compositions 13,6 et 15,6 Al.

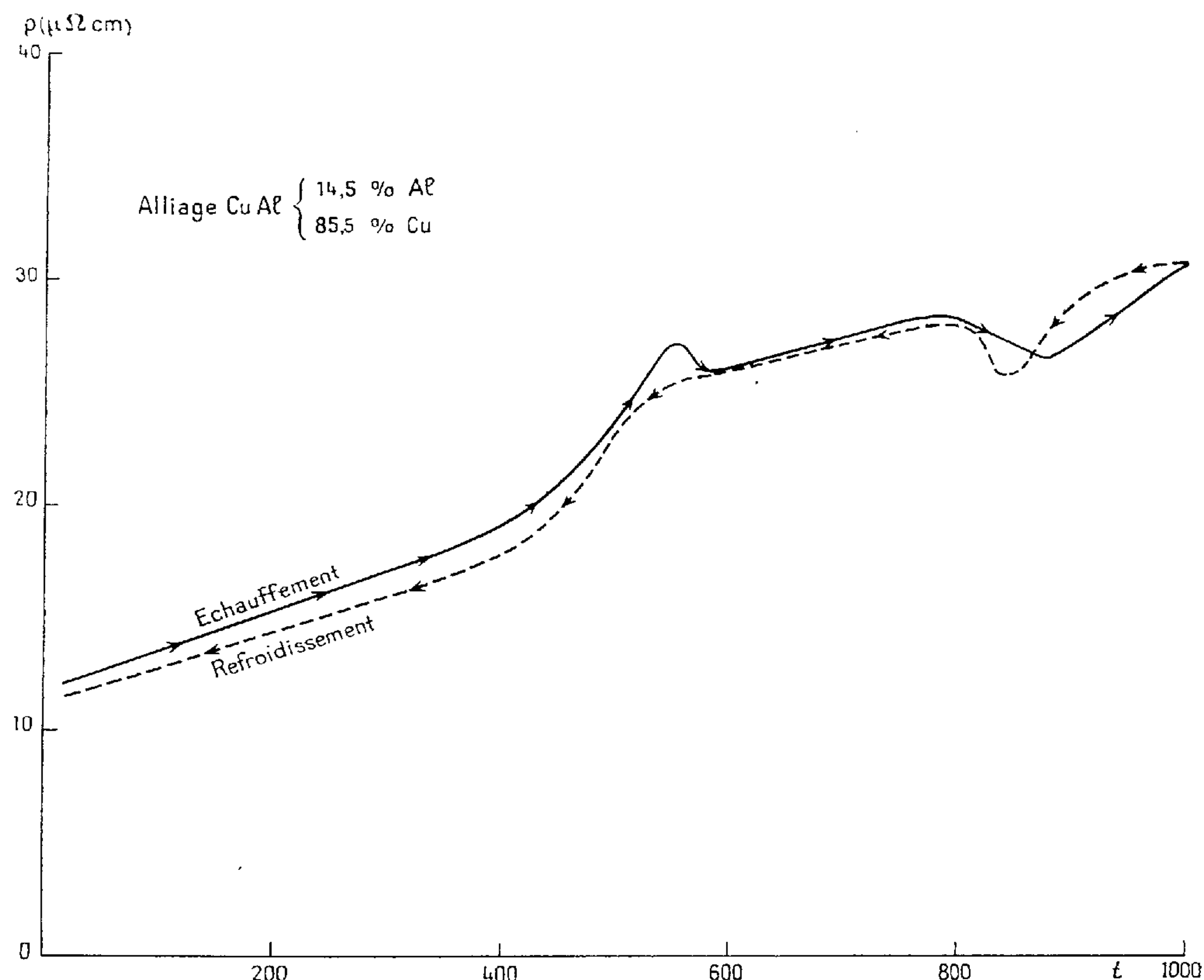


Fig. 2.

Nous avons essayé de fabriquer dans les conditions indiquées ci-dessus un alliage de cet intervalle : 14,5 Al; 85,5 Cu. La figure 2 représente les courbes d'échauffement et de refroidissement pour un échantillon de cette composition. Un maximum de ρ existe vers 780° C, un minimum très net vers 870°; dans l'intervalle 780-870, le C. T. de l'alliage est négatif. Pour 870° C, la verticale de composition 14,5 coupe la courbe de solubilité limite $\beta + \gamma_1 \rightleftharpoons \beta$. Au refroidissement, mêmes observations avec minimum cette fois vers 835°; la différence 870-835 est explicable par le fait que la ligne de séparation $\beta + \gamma_1 \rightleftharpoons \beta$ est presque verticale; de faibles variations de composition peuvent produire des variations importantes de la température de transformation. Nous continuons ces études; dès à présent il semble établi que certains composés, γ_1 par exemple, n'existant que dans un faible intervalle de température, se décomposent et c'est leur décomposition qui produit des C. T. négatifs. La trempe agit pour fixer certains

composés qui devraient disparaître à la température ordinaire. Il n'est pas exclu que l'alliage puisse renfermer des composés à plus forte teneur en Al.

(*) Séance du 22 octobre 1956.

(1) G. SUTRA, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1643.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des ferrites de terres rares* $5Fe_2O_3 . 3M_2O_3$, *avec* M = Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. *Résultats expérimentaux.* Note (*) de M. **RENÉ PAUTHENET**, transmise par M. Louis Néel.

Variation thermique de l'aimantation spontanée et de l'inverse de la susceptibilité paramagnétique, au-dessous du point de Curie, de quelques ferrites de terres rares, du type grenat.

Depuis l'observation par H. Forestier et G. Guiot-Guillain (1) des premières propriétés magnétiques des ferrites de terres rares, sur des substances de composition globale $Fe_2O_3 . M_2O_3$, F. Bertaut et F. Forrat (2) ont découvert le ferrite de formule $5Fe_2O_3 . 3M_2O_3$, du type grenat, dont nous avons pour notre part fait l'étude magnétique dans les cas où M est un ion Gd (3) ou Y (4).

Nous complétons ici cette étude en donnant les résultats expérimentaux relatifs aux autres ferrites du même type, dans lesquels M^{+++} représente chacun des ions de la série des terres rares de numéro atomique supérieur à celui de Gd. Les différents composés ont été préparés par Mlle C. Mœsch à partir d'oxydes de pureté supérieure à 99 %. La pureté des composés obtenus a été contrôlée aux rayons X; dans les grenats de Tm et de Lu, on a décelé la présence d'une faible quantité, de l'ordre de 10 % en volume (5), de ferrites du type $Fe_2O_3 . M_2O_3$, identifiables par les raies de leur structure pérovskite (6), (7).

Les aimantations ont été mesurées dans l'intervalle de température compris entre 2,2 et 700°K environ et dans des champs magnétiques jusqu'à 20000 Oe (8). A une température T, pour M = Lu, l'aimantation varie avec le champ intérieur H_i suivant la loi d'approche à la saturation $\sigma = \sigma_s[1 - (a/H_i)]$, avec un coefficient de dureté magnétique a inférieur à 70 sauf au voisinage du point de Curie; tandis que pour les autres ferrites, l'aimantation se décompose en un terme ferromagnétique superposé à un terme paramagnétique, suivant l'expression $\sigma = \sigma_s + \chi H_i$. Nous avons représenté sur la figure 1 les courbes de variation de l'aimantation spontanée σ_s, exprimée en magnétons de Bohr et rapportée à un mole; nous y avons ajouté les courbes relatives à M = Gd (3) et M = Y (4). Ces courbes se classent en trois catégories, selon la classification discutée antérieurement par L. Néel (9). Pour M = Tb, Dy, Ho, Er, Tm, elles appartiennent au type V et sont caractérisées par le fait que l'aimantation

s'annule à une température de compensation θ_c et que la tangente à la courbe au zéro absolu a un coefficient angulaire négatif; dans le cas où M = Tm, nous

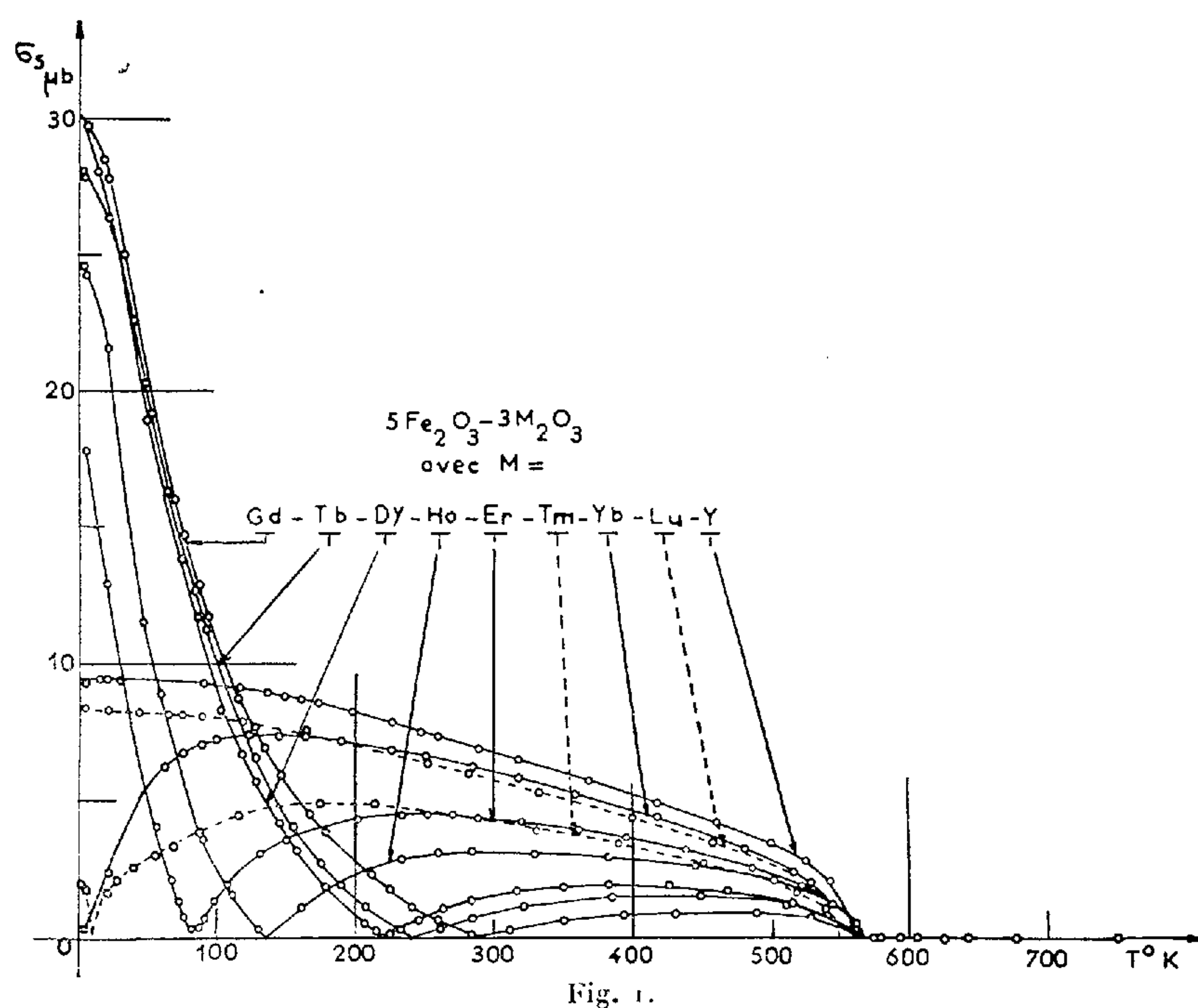


Fig. 1.

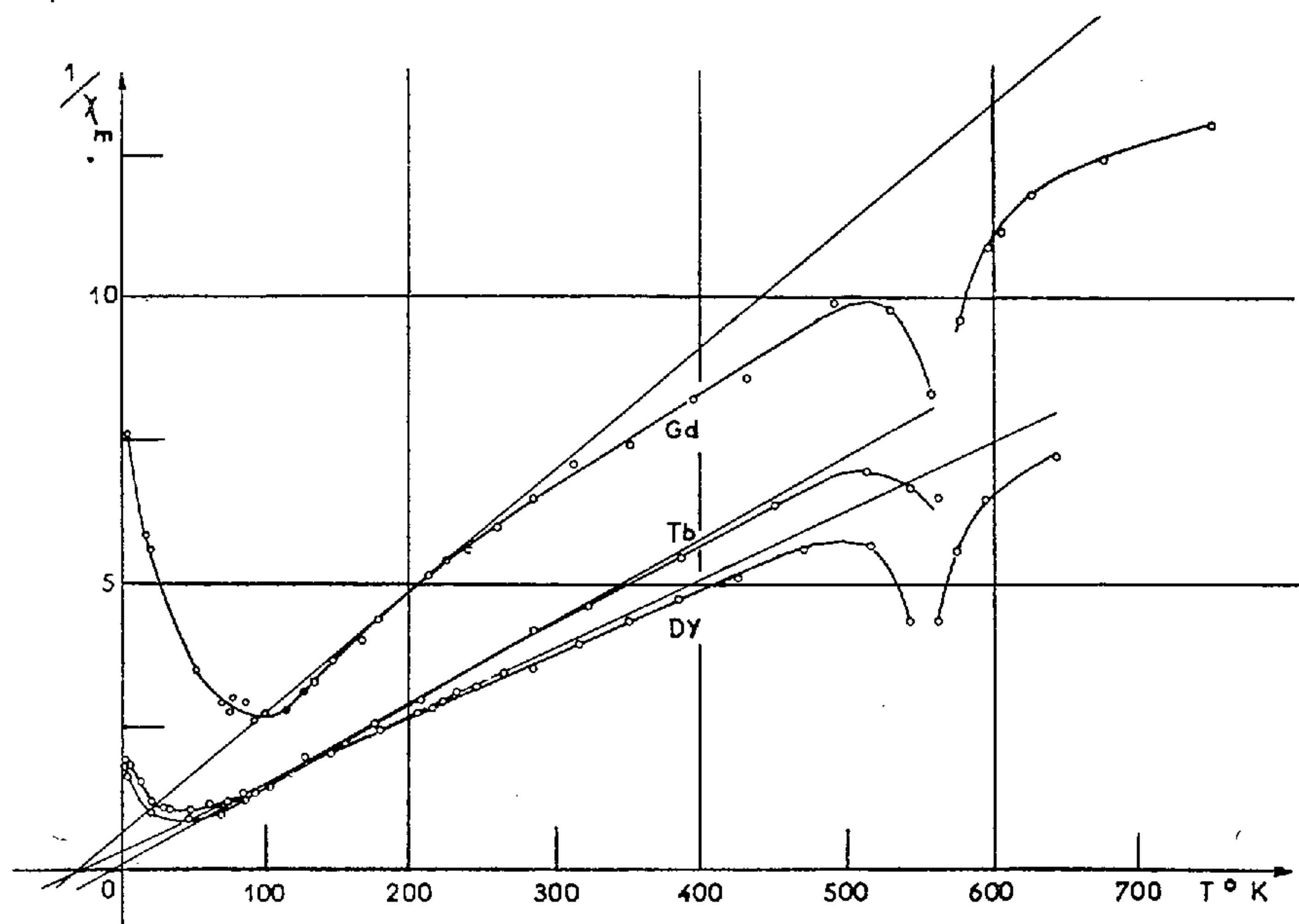


Fig. 2.

n'avons pu que localiser la température θ_c entre 4,2 et 20,4° K. Pour M = Yb, la courbe est du type M, alors que pour M = Lu, elle est du type Q. Dans le

tableau ci-dessous, sont reportées pour chaque ferrite les valeurs de la température de compensation θ_c, du point de Curie ferromagnétique θ_f, ainsi que la valeur en magnétons de Bohr de l'aimantation σ_0, déterminée en extrapolant jusqu'au zéro absolu les courbes (σ_s, T).

M.	Tb.	Dy.	Ho.	Er.	Tm.	Yb.	Lu.
Θ_c^0 K ± 2.....	246	220	136	84	$4 < \Theta_c < 20,4$	–	–
Θ_f^0 K ± 2.....	568	563	567	556	549	548	549
σ_0 (μb).......	28,3 ±0,1	29,6 ±0,1	24,7 ±0,1	18,7 ±0,1	2,0 ±0,1	0 ±0,3	8,30 ±0,05

Nous avons représenté sur les figures 2 et 3 les courbes de variation de l'inverse de la susceptibilité paramagnétique moléculaire χ_m en fonction de

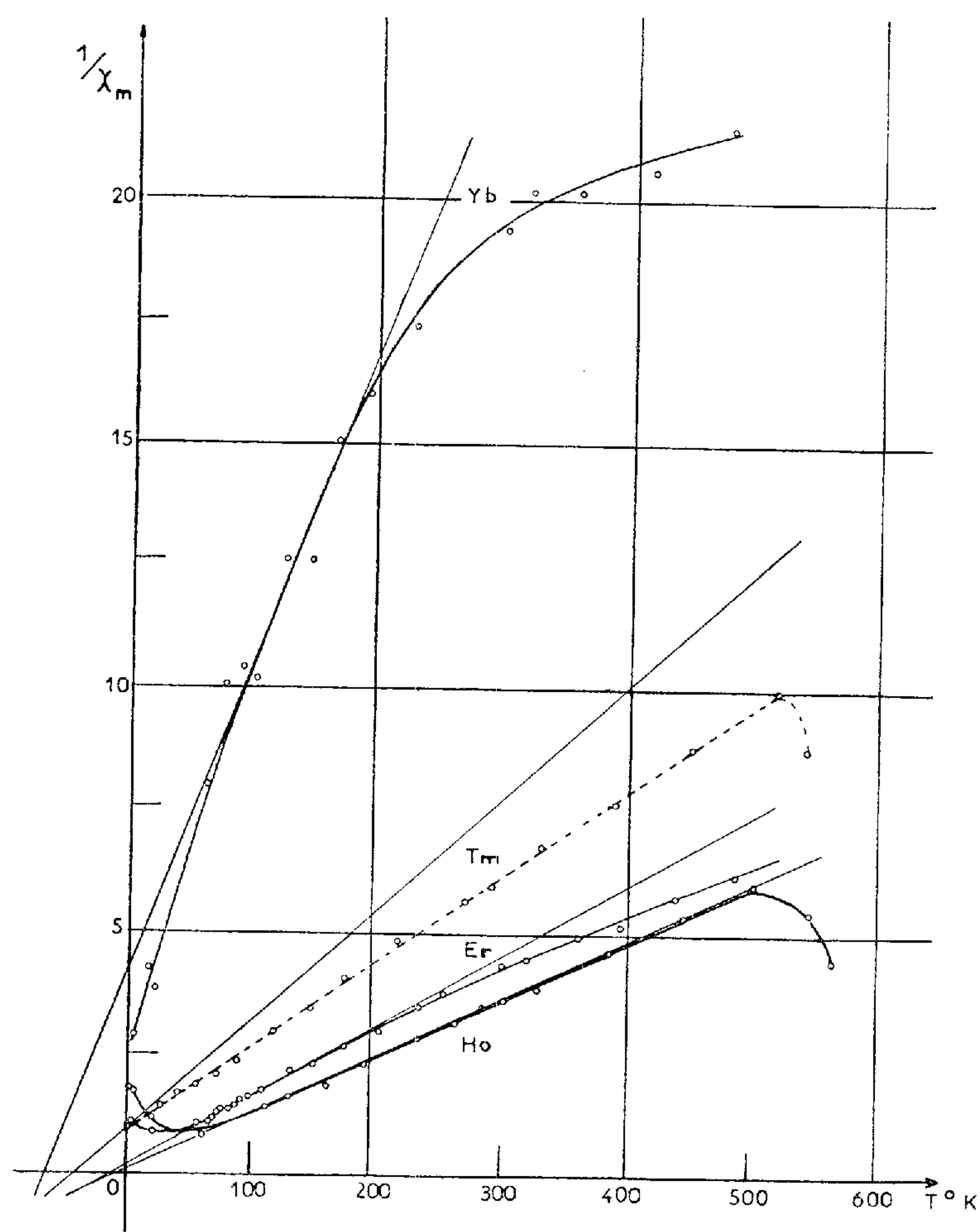


Fig. 3.

la température, ainsi que les droites de Curie-Weiss de l'ion M correspondant, de pente calculée en prenant L + 2S pour valeur du moment de cet

ion. On remarque qu'à partir de températures de l'ordre de 80° K, la pente des courbes est du même ordre de grandeur que celle des droites de Curie-Weiss.

L'interprétation de ces différents résultats fera l'objet d'une publication ultérieure.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1844; 232, 1951, p. 1832; 235, 1952, p. 48; 237, 1953, p. 1554.

(2) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 382.

(3) R. Pauthenet, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1859.

(4) R. Aleonard, J. C. Barbier et R. Pauthenet, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2531.

(5) Les résultats relatifs aux ferrites avec Tm et Lu sont représentés en trait interrompu sur nos graphiques.

(6) G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 793.

(7) S. Geller, *Phys. Rev.*, 99, 1955, p. 1641.

(8) R. Pauthenet, *Ann. Phys.*, 7, 1952, p. 48.

(9) L. Néel, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137.

ÉMISSION THERMIONIQUE. — *Le déclin de l'émission thermionique des cathodes à oxydes alcalinoterreux et à oxyde de thorium en régime d'impulsions.* Note (*) de MM. **Guy Mesnard** et **Robert Uzan**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le déclin de l'émission de saturation des cathodes à oxydes alcalinoterreux (oxyde mixte de baryum et de strontium), soumises à des impulsions rectangulaires de tension d'une durée de l'ordre de la milliseconde, est un phénomène bien connu. Nous avons observé aussi un déclin avec les cathodes à la thorine; il est intéressant de comparer les résultats obtenus dans les deux cas, en vue de préciser l'origine du déclin. Nous avons examiné l'influence de la température et celle du facteur d'utilisation de la cathode (fraction du temps pendant laquelle les impulsions répétées à une certaine fréquence, sont appliquées).

Avec les cathodes à la thorine, l'amplitude du déclin qui peut atteindre 80 % de l'émission initiale, croît rapidement avec la température; d'autre part, à une température donnée, elle augmente d'abord, puis diminue beaucoup, lorsqu'on soumet la cathode à des traitements thermiques de plus en plus poussés. En outre, la valeur de l'émission au début d'une impulsion et la forme de la courbe de déclin varient peu tant que le facteur d'utilisation reste inférieur à 0,5, la cathode reprend donc son état initial, après une impulsion isolée, en un temps comparable à la durée du déclin. Cette durée augmente quand la température diminue (aux basses températures on peut observer le déclin par des mesures statiques); elle est de l'ordre de quelques millisecondes à une température de 1600° K.

Dans le cas des cathodes à oxydes alcalinoterreux, l'amplitude du déclin augmente aussi avec la température, mais l'influence du facteur d'utilisation se fait sentir même pour de faibles valeurs de ce facteur, qui agit à la fois sur l'émission initiale (qui tend à diminuer quand il augmente) et sur la forme de la courbe de déclin. Afin d'éliminer les effets dus à la répétition des impulsions, nous avons opéré avec des impulsions isolées. En appliquant une impulsion isolée relativement longue produisant le déclin, suivie, après un certain délai (de l'ordre de la milliseconde), d'une impulsion très brève destinée à renseigner sur l'évolution de l'émission après l'impulsion, nous avons vérifié que le retour de la cathode à son état normal était très lent. D'autre part, on trouve, si la température n'est pas trop élevée, que le déclin est précédé d'un accroissement du courant, qui peut constituer le phénomène essentiel ; cette croissance initiale ne se produisait jamais avec la thorine (une croissance correspondant à une activation par le passage du courant pouvait se produire seulement *après* le déclin initial).

Deux mécanismes du déclin observé en saturation ont surtout été mis en avant pour les cathodes à oxydes alcalinoterreux : désactivation due aux gaz libérés par suite du bombardement électronique (notamment par l'anode) et mouvement des « donneurs » vers l'intérieur de la cathode sous l'action du champ électrique. Pour les cathodes à la thorine, qui sont peu sensibles aux gaz, les résultats obtenus peuvent s'interpréter à l'aide de la théorie des donneurs mobiles. Nous avons trouvé que les courbes de déclin étaient bien représentées par les formules équivalentes.

$$(1)\qquad \frac{1}{j}=\frac{1}{j_\infty}+\left(\frac{1}{j_0}-\frac{1}{j_\infty}\right)\exp(-\alpha t)\qquad \text{ou}\qquad \frac{dj}{dt}=-\frac{\alpha}{j_\infty}j(j-j_\infty),$$

j étant la densité du courant émis. Nous avons établi théoriquement ce résultat sur la base de la théorie de Nergaard précisée par E. O. Kane ([1]). L'équation aux dérivées partielles suivante est sensiblement valable à la fois pour le déclin et pour le retour de la cathode à son état initial :

$$\frac{\partial n}{\partial t}=2\mathrm{D}\frac{\partial^2 n}{\partial x^2},$$

n étant la densité des électrons dans la bande de conductibilité du semi-conducteur et D la constante de diffusion des donneurs ionisés (la direction x est perpendiculaire à la surface de la cathode). La résolution approchée de cette équation donne, pendant la durée du déclin,

$$n_s=n_0-\frac{jd}{4\mu k\mathrm{T}}[1-\exp(-\alpha t)],\qquad \text{avec}\quad \alpha=\frac{2\mathrm{D}\pi^2}{d^2},$$

n_s étant la densité n à la surface du semi-conducteur, n_0 la valeur initiale de n, μ la mobilité des électrons et d'épaisseur de la couche d'oxyde. D'où l'équa-

tion (1) du déclin, en tenant compte de la formule de l'émission

$$j = n_s e \mathrm{B} \exp\left(-\frac{e\chi}{k\mathrm{T}}\right).$$

et en supposant que χ, affinité du semi-conducteur pour les électrons, ne varie pas au cours du déclin. Ainsi l'étude du déclin fournit des indications sur μ, D et χ.

Pour les cathodes à oxydes alcalinoterreux, ce calcul peut s'appliquer au déclin, mais on ne peut rendre compte de la lenteur relative du retour de la cathode à son état initial. L'intervention des gaz libérés par le bombardement électronique peut aussi conduire à la formule (1), comme l'a montré S. Deb (2), et pourrait rendre compte de la lenteur de la réactivation, mais des essais complémentaires ne nous ont pas semblé confirmer cette explication. Les hypothèses envisagées jusqu'ici sont donc insuffisantes. Nous proposons le mécanisme suivant, qui fait intervenir l'atmosphère gazeuse entourant la cathode (pression de l'ordre de 10^{-8} mm de mercure), dont l'existence a été constatée notamment par R. H. Plumlee (3). Il y aurait un état d'équilibre, en l'absence de courant, entre ces gaz et les donneurs. Cet équilibre est détruit par le passage du courant en raison des mouvements de donneurs, le calcul précédent restant valable pour le déclin, mais ne s'appliquant plus au retour de la cathode à son état initial, qui met en jeu des échanges plus lents entre les gaz et la cathode.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) *Office Naval Res.*, Contr. n° Nonr-401 (08), Techn. Rep. n° 3, 1954.

(2) *Indian J. Phys.*, 25, 1951, p. 197-215.

(3) *R. C. A. Rev.*, 17, 1956, p. 190-230 et 231-274.

SPECTROSCOPIE. — *Nouveau système de bandes d'émission de la molécule* He_2 *vers* 4 700 cm⁻¹. Note (*) de MM. **Georges Hepner** et **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

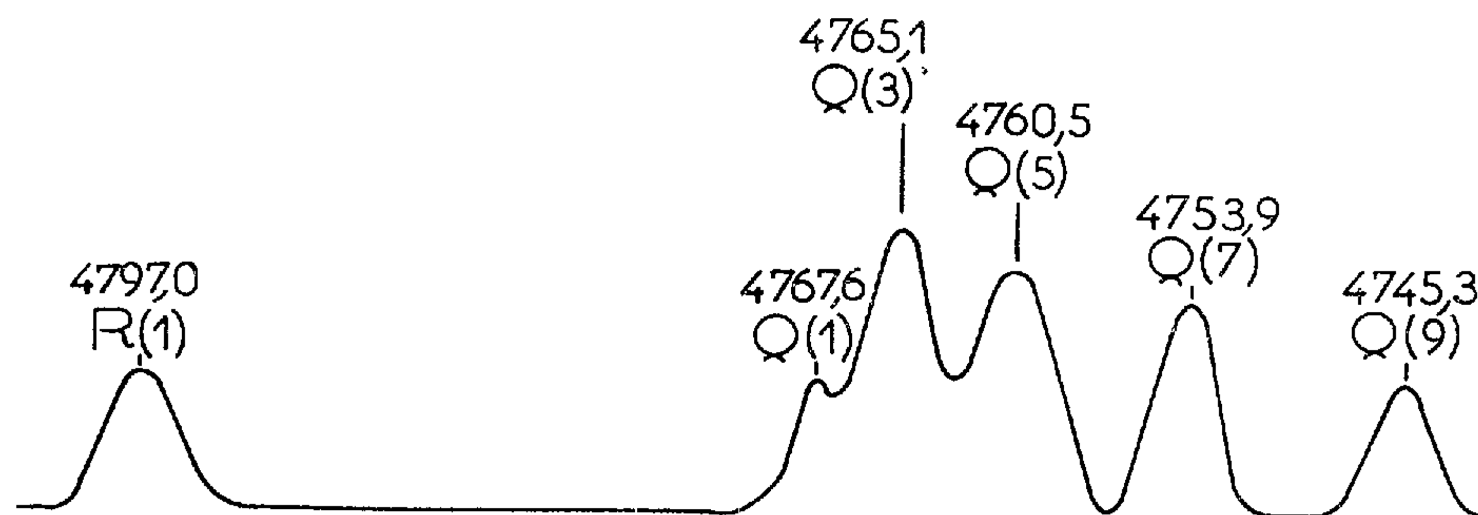
Les auteurs signalent un nouveau système de bandes d'émission de la molécule He_2, situé entre 4 700 et 4 900 cm^{-1}; ils l'attribuent à la transition $b\,{}^3\Pi_g - a\,{}^3\Sigma_u$.

Nos connaissances relatives au spectre d'absorption dans l'infrarouge sont maintenant très étendues. Par contre, il y a peu d'observations de spectres d'émission dans l'infrarouge situé au-delà de 1 μ. Pourtant, l'examen des tables de constantes spectroscopiques montre que de nombreuses transitions permises devraient donner lieu à des émissions intenses dans ce domaine. Les principales difficultés d'observation viennent, d'une part, de la réabsorption et, d'autre part, de l'instabilité des molécules excitées.

Au cours de l'étude du spectre de HeI dans l'infrarouge proche, nous avons trouvé, vers 2,1 μ, une bande partiellement résolue en raies de rotation. La figure ci-dessous montre un des enregistrements obtenus avec une largeur de fente couvrant un intervalle de 3 cm^{-1}.

Le dispositif expérimental a déjà été décrit par l'un de nous ([1]). La source d'émission est constituée par la colonne positive d'un tube à décharge refroidi par un courant d'eau et rempli d'hélium pur sous la pression de 3 mm de mercure. Un système à deux miroirs forme l'image du capillaire sur la fente du spectromètre. Celui-ci, d'un modèle dû à Pfund, est muni d'un réseau à 300 traits/mm donnant une réflexion spéculaire dans le premier ordre pour 26 000 Å. La distance focale des miroirs est de 2 m et leur diamètre de 23 cm. Lorsque la source d'émission est suffisamment intense, on peut séparer deux radiations distantes de 0,2 cm^{-1} vers 2,5 μ.

Le calcul des longueurs d'onde a été fait par interpolation entre les raies de HeI, observées dans différents ordres.



La bande représentée sur la figure a été identifiée comme étant due à la transition $b\,^3\Pi_g - a\,^3\Sigma_u$ de la molécule He_2. Les deux états électroniques sont connus à partir des transitions qui avaient déjà été étudiées dans le visible, comme $e\,^3\Pi_g - a\,^3\Sigma_u$ et $d\,^3\Sigma_u - b\,^3\Pi_g$, par exemple.

On sait qu'une transition $^3\Pi - {}^3\Sigma$ possède, en général, une structure de rotation compliquée. On peut observer jusqu'à 27 branches P, Q, R, comme dans la transition $a\,^3\Pi(a) - {}^3\Sigma$ de PH ([2]). Toutefois, dans le cas de la transition $^3\Pi - {}^3\Sigma$ de He_2, la séparation due au spin de l'état $^3\Sigma$ est très petite et le nombre de branches se réduit à 9, pour le cas *b* de Hund. De même, la séparation de spin dans l'état $^3\Pi$ est négligeable et le nombre de branches se réduit à 3 : la structure de rotation de cette transition de triplet apparaît comme celle d'une transition $^1\Pi - {}^1\Sigma$ avec trois branches P, Q, R seulement.

Nous avons analysé ces trois branches et indiqué leur classification dans le tableau ci-dessous. Dans la première colonne figure la désignation des raies, dans la deuxième, leur nombre d'onde mesuré et dans la troisième, le nombre

d'onde calculé à l'aide des constantes moléculaires $B'_0 = 7,336\ cm^{-1}$ et $B''_0 = 7,589\ cm^{-1}$ [3].

	ν cm⁻¹ obs.	ν cm⁻¹ calc.		ν cm⁻¹ obs.	ν cm⁻¹ calc.
P (3).......	4721,1	4721,0	R (7).......	4871,3	4870,5
P (5).......	4686,8	4687,1	Q (1).......	4767,8	4767,6
P (7).......	4651,1	4651,9	Q (3).......	4765,0	4765,1
R (1).......	4796,5	4797,0	Q (5).......	4760,6	4760,5
R (3).......	4822,9	4823,8	Q (7).......	4754,1	4753,9
R (5).......	4847,5	4848,0	Q (9).......	4745,8	4745,3

Une raie sur deux manque en accord avec la règle de sélection pour la symétrie dans les transitions électroniques des molécules diatomiques homonucléaires.

La classification du tableau ci-dessus a été vérifiée par la mesure de la distribution d'intensité des raies de rotation dans chaque branche. Nous avons déterminé la température de rotation à l'aide de la relation

$$I(J) = C(J)\exp(-B'_0(J+1)J),$$

où I(J) est l'intensité, C(J), le facteur d'intensité et J, le nombre quantique de rotation de l'état inférieur de la raie considérée. Les trois branches P, Q et R fournissent des températures voisines de 350° K.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) G. Hepner, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1430.

(2) R. W. B. Pearse, *Proc. Royal Soc.* (A), 129, 1930, p. 328.

(3) G. H. Dieke, T. Takamine et T. Suga, *Z. Physik*, 49, 1928, p. 637; H. Dieke, *ibid.*, 57, 1929, p. 71.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Transfert d'énergie dans les cristaux organiques.* Note (*) de MM. **Paul Pesteil** et **Adnan Zmerli**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres de luminescence émis après transfert par ondes d'excitation subissent une perte d'énergie de 1500 cm⁻¹ environ qui sert à déformer la surface de potentiel de la molécule émettrice. L'oxygène occlus et les défauts de réseau sont des inhibiteurs du transfert; l'hydroquinone, au contraire, a une action favorable.

Le transfert d'excitation à travers la matière condensée a été prévu par J. Perrin [1], puis par J. Frenkel [2], F. Perrin [3] et R. Peierls [4] et étudié ensuite par de nombreux auteurs [5], [6]. Nous ne parlerons ici que des cristaux aromatiques, laissant de côté tout ce qui se rapporte aux substances minérales qui ont fait l'objet de nombreux Mémoires.

L'un de nous a déjà signalé en 1954 [7] que les transitions $0'' \rightarrow 0'$ et $0' \rightarrow 0''$ de l'anthracène cristallisé à 20° K en absorption et en lumi-

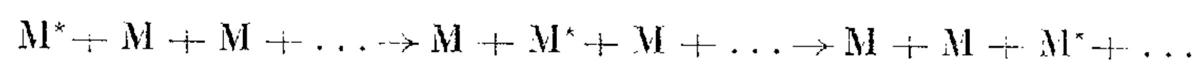
nescence sont distinctes; S. Sambursky et G. Wolfsohn [8], dès 1940, avaient signalé le même phénomène à la température ordinaire et l'avaient attribué à l'action des molécules voisines sur l'oscillateur.

Nous pensons qu'on peut distinguer plusieurs sortes de phénomènes liés à la proximité des oscillateurs; nous en distinguerons trois :

a. Tout d'abord, on peut prévoir qu'un niveau électronique couplé avec un niveau d'une molécule voisine se séparera par résonance. Ce phénomène a été étudié théoriquement par A. S. Davydov [9] et D. P. Craig [10]; Brooude [11] l'a trouvé expérimentalement en absorption sur le benzène. D'autres auteurs en font état dans diverses études [12], [13], [14].

b. Un électron libéré peut tourner autour d'un trou positif et donner lieu à une série de raies quasi hydrogénoïde. Divers auteurs ont trouvé ce phénomène en absorption [15], [16] et en luminescence [17] minérale; mais on ne l'a pas encore découvert en luminescence organique.

c. On peut enfin envisager le transport d'énergie par des ondes d'excitation se propageant avec une vitesse de groupe; ce transfert se fait par le mécanisme suivant :



$$M^* + M + M + \ldots \to M + M^* + M + \ldots \to M + M + M^* + \ldots$$

J. Franck et E. Teller [18] ont prévu que l'onde d'excitation dans le cristal a une énergie cinétique égale à celle d'une particule de masse m (supérieure à celle de l'électron) se propageant comme une onde de de Broglie. Cette énergie cinétique, dans un cristal cubique, est égale à $h^2/8mL^2$ (L, dimension de la maille). Dans le cas d'un cristal non cubique (cas général des cristaux aromatiques) la masse m varie avec la direction de propagation. L'énergie cinétique est évidemment prise à l'énergie d'excitation; lors de la réémission (par un processus que nous ne préciserons pas) elle sert à déformer la molécule émettrice, selon un mécanisme proposé en luminescence minérale par Mott et Seitz [19]. Cela correspond à un déplacement de la surface de potentiel de la molécule excitée émettrice vers les abscisses de configuration croissantes; l'électron retombe ensuite, non pas sur le niveau $0''$ de l'état normal, mais sur des niveaux vibrationnels. Cette énergie perdue en énergie vibrationnelle de l'état normal doit être égale à l'énergie cinétique du transfert; et l'on doit avoir, en cm^{-1}, $\Delta\nu' = 3.10^5/nA^2$ (n, nombre de masses électroniques transportées par l'onde; A, dimension de la maille en angströms).

Rappelons maintenant quelques résultats expérimentaux.

J. Ferguson et H. J. Tinson [20] ont observé que le spectre de phosphorescence de la benzophénone en solution varie avec la concentration; le spectre trouvé aux concentrations élevées a été attribué au transfert. G. Scheibe [21], puis J. Franck et E. Teller [18] attribuent aussi une bande d'absorption fine de la Ψ-isocyanine au même phénomène. Or, dans les

deux cas, la chute d'énergie par rapport au spectre de la molécule isolée est voisine de 1500 cm^{-1}. M. Moodie et C. Reid [22] ont observé des phénomènes analogues dans le cas de l'anthracène; N. J. Jévandrov [23] enfin, attribue au transfert le caractère de polarisation de la luminescence cristalline organique.

Nous-même avons observé que la structure vibrationnelle des spectres de phosphorescence de nombreux cristaux aromatiques à basse température ne peut s'expliquer que si la transition $O' \to O''$ se trouve à 1500 cm^{-1} environ en avant de la raie de plus grande énergie [24]. Nous avons expliqué ce phénomène par un décalage de la courbe de potentiel de la molécule excitée émettrice par rapport à son niveau normal. Nous avons signalé aussi que, dans certaines conditions (pulvérisations qui augmentent les phénomènes superficiels) un spectre *complet* apparaît, qui commence bien à 1500 cm^{-1} environ en avant du spectre *incomplet* [25].

Si l'on attribue le spectre *incomplet* au phénomène de transfert, la différence de 1500 cm^{-1} doit être égale à l'énergie cinétique perdue telle qu'elle a été calculée plus haut. Cette égalité est satisfaite si $n \approx 4$ (pour $A^2 \approx 50\ A^2$, valeur moyenne de la dimension de la maille). Nous remarquerons à ce propos que l'énergie d'oscillation des molécules du réseau, égale à $2\pi^2 I\nu^2$ (I, moment d'inertie de la molécule autour d'un axe; ν, fréquence de libration) est de l'ordre de grandeur de l'énergie du transfert; cela est normal, car l'*onde d'excitation est portée par les oscillations du réseau.*

La pulvérisation crée certainement des défauts en surface et en volume (non décelables aux rayons X) qui empêchent l'onde excitatrice de se propager; cela expliquerait que les spectres *de surface* [25] sont des spectres *complets*, c'est-à-dire provenant de la molécule excitée directement. On peut de même expliquer une variation du domaine spectral d'émission avec le temps observée par D. S. Mc Clure [26] par une *amélioration* du réseau par *vieillissement*; E. Grillot [27] a d'ailleurs observé qu'un vieillissement de cristaux de CdS conduit à une élimination progressive des lacunes.

Il semble que l'oxygène occlus dans le réseau empêche aussi le transfert d'excitation. Nous avons observé en effet une exaltation considérable du spectre de transfert pour un échantillon de naphtalène contenant de l'hydroquinone, antioxygène bien connu [28].

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) *Deux. cons. de Chim. Solvay*, Bruxelles, 1924, Gauthier-Villars, Paris, 1925, p. 322.
(2) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 17 et 1276.
(3) *Ann. de Phys.*, 17, 1932, p. 283.
(4) *Ann. der Phys.*, 13, 1932, p. 905.
(5) T. Förster, *Naturwissenschaften*, 33, 1946, p. 166; *Ann. Physik*, 6, 1948, p. 55.
(6) E. J. Bowen, *Nature*, 142, 1938, p. 1081; *J. Chem. Phys.*, 13, 1945, p. 306.
(7) P. Pesteil et M. Barbaron, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 92.

([8]) *Trans. Farad. Soc.*, 36, 1940, p. 426.
([9]) *Bull. Acad. Sc. U.R.S.S.*, 12, 1948, p. 664.
([10]) D. P. Craig et P. C. Hobbins, *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 539 et 2302.
([11]) V. L. Brooude, V. S. Medvédev et A. F. Prikhodko, *J. Phys. Exp. et Théor. U.R.S.S.*, 21, 1951, p. 665.
([12]) D. S. Mc Clure et O. Schnepp, *J. Chem. Phys.*, 29, 1955, p. 1575.
([13]) J. Sidman, *Phys. Rev.*, 102, 1956, p. 96.
([14]) D. P. Craig et P. G. Hobbins, *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 2309.
([15]) E. F. Gross, *Doklady*, *U.R.S.S.*, 84, 1952, p. 471.
([16]) S. Nikitine, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 67.
([17]) E. Grillot, M. Grillot, P. Pesteil et A. Zmerli, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1794.
([18]) *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 861.
([19]) F. Seitz, *Théorie moderne des solides*, Masson, Paris, p. 500.
([20]) *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 3083.
([21]) *Z. f. Angew. Chemie*, 50, 1937, p. 51.
([22]) *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 1510.
([23]) *Doklady U.R.S.S.*, 83, 1952, p. 677; *Izvestia Acad. Sc. U.R.S.S.*, 20, 1956, p. 553.
([24]) P. Pesteil, A. Zmerli et coll., *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1789; 239, 1954, p. 255; 240, 1955, p. 1987 et 2217; 241, 1955, p. 29 et 938; 242, 1956, p. 1876; *Ann. de Phys.*, 10, 1955, p. 1079.
([25]) A. Zmerli et P. Pesteil, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2822.
([26]) D. S. Mc Clure et L. Hanst, *J. Chem. Phys.*, 23, 1955, p. 1772.
([27]) *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 671.
([28]) F. Perrin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1121.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Spectre énergétique de certaines fonctions aléatoires de la forme* ± 1. Note (*) de Mme **Geneviève Marboux-Tariel** et M. **Claude Marboux**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les fonctions aléatoires du temps, réelles, stationnaires d'ordre deux, admettent un spectre de fréquence pour l'énergie moyenne (valeur moyenne du carré de la fonction). En particulier, si la fonction de corrélation peut être mise sous la forme d'une intégrale de Fourier, le spectre est continu et la densité spectrale énergétique est le coefficient de Fourier de cette fonction.

Nous traiterons le cas des fonctions du type suivant : la valeur absolue de la fonction est toujours égale à 1; dans le temps on a une distribution aléatoire de sauts définie par la loi de probabilité de l'intervalle de temps entre deux sauts consécutifs avec indépendance des intervalles entre eux. A chaque saut, la fonction passe alternativement de l'une à l'autre des valeurs -1 et $+1$.

Appelons $V(t)$ la fonction aléatoire, $p(t)\,dt$ la loi de probabilité de l'intervalle de temps entre deux sauts consécutifs. La fonction de corrélation est

$$E\{V(t)\,V(t+\tau)\}.$$

Cette fonction est symétrique, nous ne considérons donc que les intervalles de

temps τ positifs. La quantité $V(t)\,V(t+\tau)$ est égale à $+1$ ou -1 suivant la parité du nombre de sauts survenus dans le temps τ.

Le temps qui sépare le début d'un intervalle τ et le $(k+1)^{\text{ième}}$ saut ultérieur est

$$T_{k+1} = t'_1 + \sum_2^{k+1} t_i,$$

t'_1 désignant le temps écoulé entre le début de l'intervalle τ et le premier saut dans cet intervalle.

Si l'on appelle x l'intervalle de temps entre le début de l'intervalle τ et le saut immédiatement précédent, on peut poser, sans l'expliciter, la loi de probabilité de la variable T_{k+1}, soit

$$\mathcal{L}_{k+1}(T\,;x)\,dT.$$

La fonction de corrélation prend alors la forme

$$E\{V(t)\,V(t+\tau)\} = 1 - 2n\int_0^\infty dx\int_x^\infty p(t)\,dt\int_0^\tau \sum_0^\infty (-1)^k \mathcal{L}_{k+1}(T\,;x)\,dT,$$

n désignant le nombre moyen de sauts par unité de temps.

Pour calculer le coefficient de Fourier de la fonction de corrélation, il est commode d'utiliser la transformée de Laplace de celle-ci, ce qui introduit

$$\mathfrak{C}\mathcal{L}_{k+1}(T\,;x) = \frac{e^{px}\displaystyle\int_x^\infty e^{-pt}p(t)\,dt}{\displaystyle\int_x^\infty p(t)\,dt}\left[\int_0^\infty e^{-pt}p(t)\,dt\right]^k.$$

En reportant cette expression dans la transformée de la fonction de corrélation, il vient

$$\mathfrak{C}E\{V(t)\,V(t+\tau)\} = \frac{1}{p} - \frac{2n}{p^2}\,\frac{1-\displaystyle\int_0^\infty e^{-pt}p(t)\,dt}{1+\displaystyle\int_0^\infty e^{-pt}p(t)\,dt}.$$

Cette fonction est continue pour les valeurs positives de $\mathcal{R}_p$; elle reste continue lorsque $\mathcal{R}_p$ tend vers zéro. Il est donc permis de poser

$$p = -2i\pi\nu.$$

Dans ces conditions, la densité spectrale de la fonction aléatoire étudiée s'écrit

$$A_\nu = \frac{n}{2\pi^2\nu^2}\left[\frac{1-\varphi(2\pi\nu)}{1+\varphi(2\pi\nu)} + \frac{1-\varphi^*(2\pi\nu)}{1+\varphi^*(2\pi\nu)}\right],$$

la fonction $\varphi(2\pi\nu)$ désignant la fonction caractéristique $\varphi(u)$ de la loi de probabilité $p(t)$ de l'intervalle de temps séparant deux sauts consécutifs.

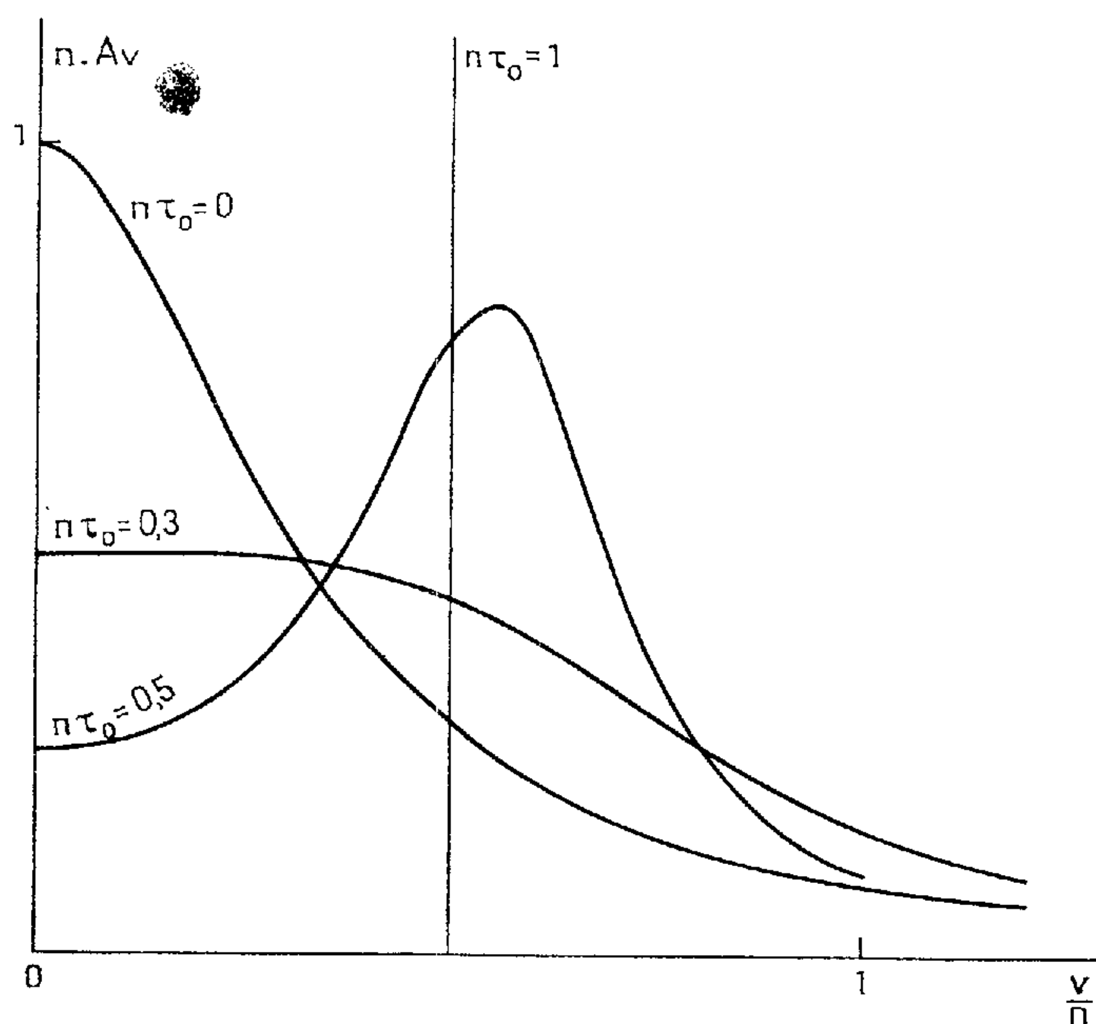
Explicitons quelques spectres particuliers. Supposons tout d'abord le cas simple d'une distribution de Poisson des sauts. (Par exemple, les impulsions données par un détecteur de particules parfait.)

On retrouve le spectre connu ([1])

$$\Lambda_\nu \, d\nu = \frac{\lambda}{\lambda^2 + \pi^2 \nu^2} \, d\nu,$$

λ désignant le paramètre de la loi de distribution admise.

Supposons maintenant que cette distribution de Poisson soit perturbée de la façon suivante : après chaque saut, il existe un temps τ_0 constant pendant



lequel aucun saut ne peut avoir lieu. Ce cas peut correspondre physiquement de façon approchée au temps mort de certains compteurs de particules. On obtient alors pour la densité spectrale de la fonction étudiée

$$\Lambda_\nu \, d\nu = \frac{\lambda \, d\nu}{(\lambda\tau_0 + 1)(\pi^2\nu^2 + \lambda^2 \cos^2 \pi\nu\tau_0 - \pi\nu\lambda \sin 2\pi\nu\tau_0)}.$$

Si l'on choisit comme unité de temps l'intervalle moyen qui sépare deux sauts, on obtient la famille de courbes réduites représentées qui ne dépendent que du seul paramètre $n\tau_0$.

Pour $n\tau_0 = 0$, on retrouve le spectre correspondant à une distribution de Poisson pure.

Lorsque $n\tau_0$ tend vers 1, il apparaît le spectre de raies correspondant à une distribution de sauts périodique.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

([1]) Blanc-Lapierre et Fortet, *Théorie des fonctions aléatoires*.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Schéma des niveaux du* ^{131}Cs.

Note (*) de M. **Hamlet Vartapetian**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On met en évidence les coïncidences entre les rayonnements de 915-122 keV, 820-214 keV et montre l'existence du photon de 245 keV, en coïncidence avec celui de 370 keV. Par une méthode qui fait intervenir le rapport capture L/capture K, on détermine le coefficient de conversion α_K du photon de 122 keV; $\alpha_K = 0,39 \pm 0,04$, il est compatible avec celui d'un rayonnement M_1 pur.

Dans le dernier article (1), portant sur la désintégration par capture électronique du ^{131}Ba (période 12 jours), un tableau rassemble tous les rayonnements γ jusqu'ici observés. Les auteurs signalent les points de désaccord qui portent principalement sur la composition du rayonnement complexe de 83 keV et sur un rayonnement hypothétique de 244 keV. De plus, ils ne présentent aucun schéma d'ensemble des niveaux du ^{131}Cs.

Nous avons poursuivi (2) l'étude des transitions γ dans le ^{131}Cs par la méthode des coïncidences $\gamma - \gamma$ avec scintillateurs INa (Tl) (3). La source de ^{131}Ba utilisée présente une activité spécifique de l'ordre de 0,3 μ c/mg.

En spectroscopie simple, on retrouve bien les rayonnements signalés par (1), 83, 122, 214, 370, 495 et 620 keV et ceux de plus grande énergie et de faible intensité de 820, 915 et 1030 keV (*fig.* 1).

Nos mesures montrent que les rayonnements de 122 et 214 keV sont respectivement en coïncidence avec les rayonnements de 915 et 820 keV (*fig.* 1).

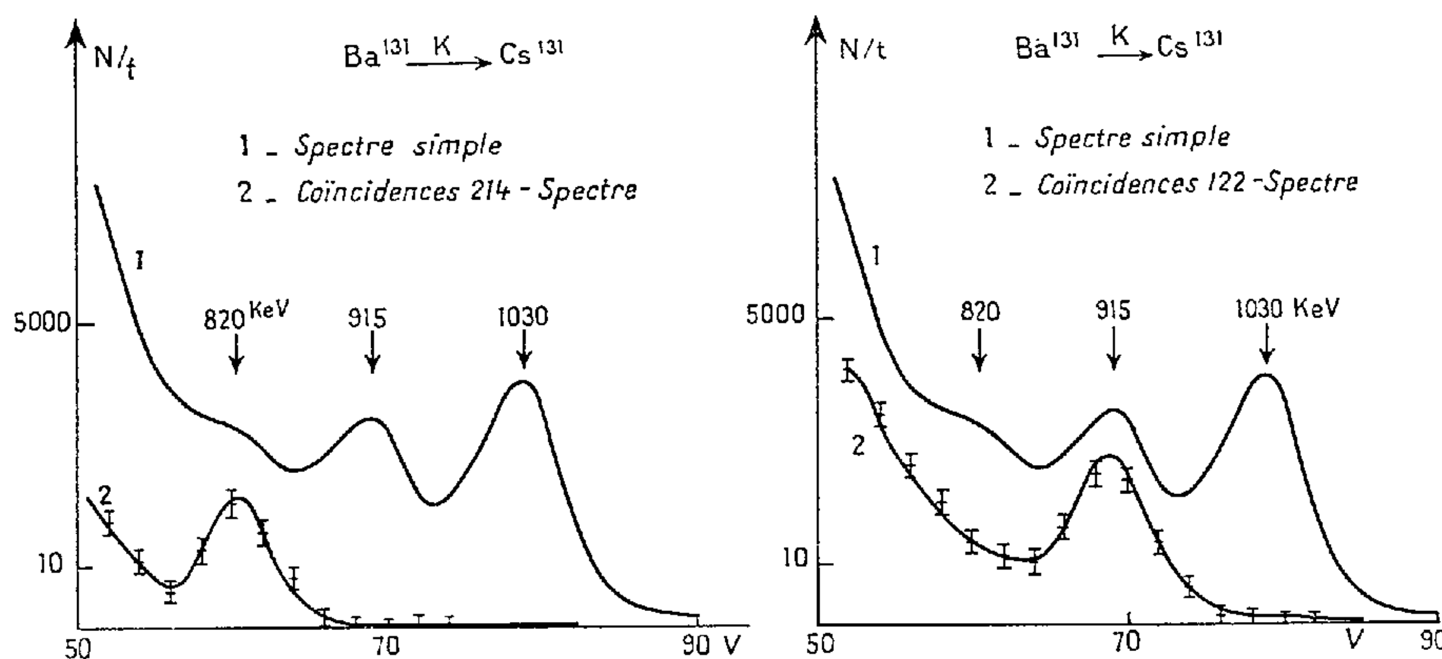


Fig. 1.

Étude de la région de 83 keV. — Le spectre en coïncidence avec le rayonnement de 495 keV contient un γ de 122 keV. Sa forme est la même que celle du γ pur de 125 keV du ^{102}Rh (3). Dans ces deux cas il existe un pic vers 90 keV; la région de 90 keV doit donc être attribuée aux effets secondaires du photon de 122 keV, en particulier dans le cristal scintillateur INa (Tl). De

tous les rayonnements du ^{131}Ba, seul celui de 370 keV donne des coïncidences avec un γ d'énergie voisine de 80 keV. Ces coïncidences peuvent provenir des rayonnements du ^{133}Ba ([4]) qui existe en faible proportion dans notre source. Pour le vérifier, nous avons tracé la courbe de résolution 370-80 keV qui donne bien une période de 6.10^{-9} s pour le γ de 80 keV (cas du niveau de 80 keV dans le ^{133}Cs). On peut donc affirmer que la région de 83 keV contient plusieurs rayonnements : ceux de 70 et 80 keV du ^{133}Cs et ceux qui proviennent des effets secondaires du rayonnement de 122 keV. S'il existe en plus un photon de 85 keV, il n'est en coïncidence avec aucun des γ connus du ^{131}Cs.

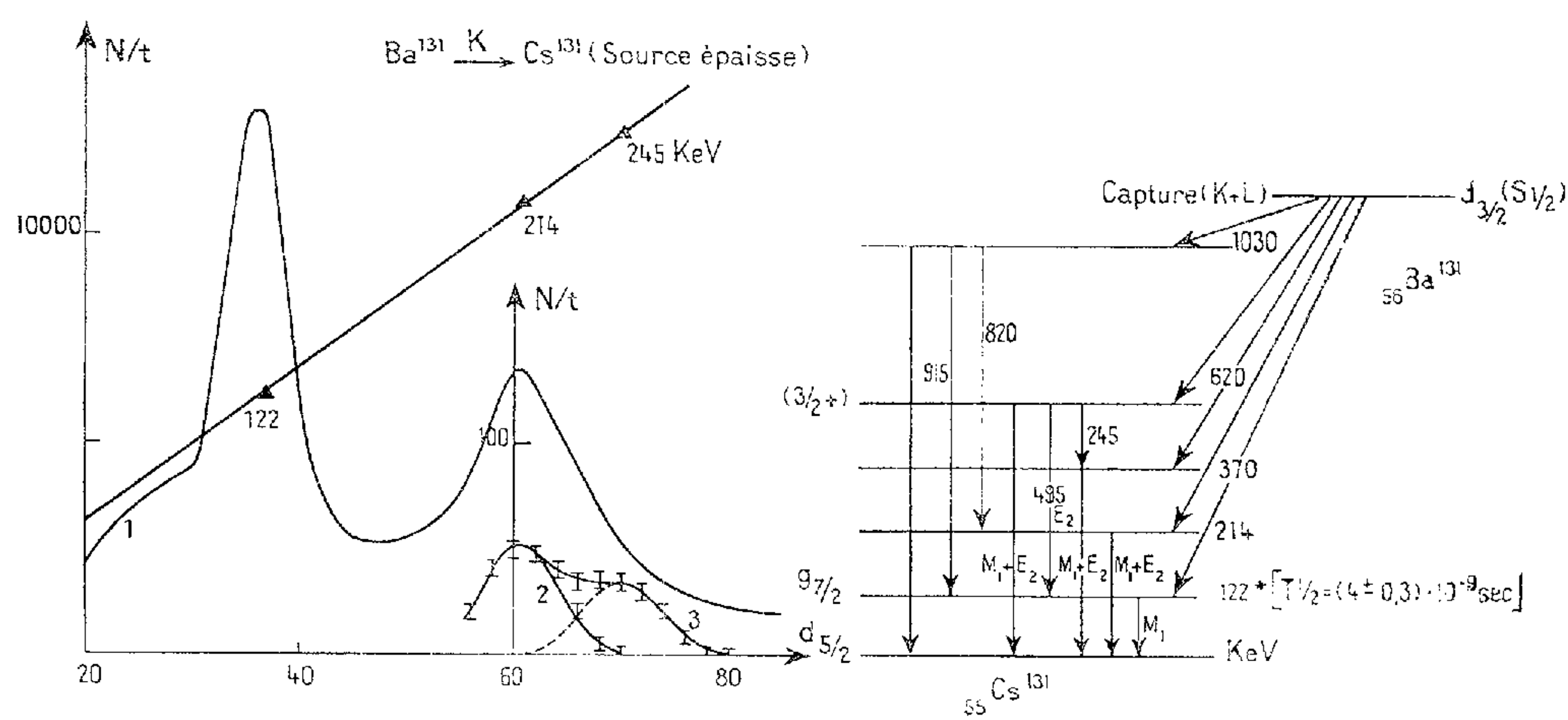


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — 1. Spectre simple. 2. Spectre en coïncidence avec le fond Compton de 820 keV. 3. Spectre en coïncidence avec le γ de 370 keV.

Fig. 3. — Schéma des niveaux du ^{131}Cs.

Étude de la région de 240 keV. — Nous avons tracé la courbe des coïncidences 370 keV (canal fixe) région de 200-260 keV (*fig.* 2, courbe 3), et celle des coïncidences fond Compton du 820 keV avec la même région de 200-260 keV (*fig.* 2, courbe 2). Pour cela on place le canal fixe dans la vallée entre les pics de 370 et 495 keV.

Pour tracer ces courbes, étant donné le grand nombre de coups dans les canaux et le petit nombre de coïncidences vraies, nous avons utilisé un temps de résolution de $2\tau = 1,5.10^{-8}$ s.

En soustrayant la courbe 2 (coïncidences 820-214 keV) de la courbe 3, on obtient un pic qui correspond à un rayonnement de 245 keV dans le ^{131}Cs, en coïncidence avec le γ de 370 keV [une telle coïncidence n'existe pas dans le spectre du ^{133}Cs ([4])].

On peut alors établir le schéma des niveaux du ^{131}Cs (*fig.* 3).

Les périodes des niveaux de 214, 370 et 620 keV mesurées par les coïncidences retardées X_K (30 keV) — γ sont inférieures à 10^{-9} s. Ces rayonnements sont donc vraisemblablement des M_1 ou M_1+E_2. Si l'on admet (5), (6) que le γ de 495 keV est un E_2, le niveau de 620 keV a la parité + et un spin 3/2.

Coefficient de conversion. — Le schéma montre qu'il est possible de mesurer le coefficient de conversion α_K du photon de 122 keV par les coïncidences 495 — [122 — X_K (30 keV)] (le fond Compton des γ de haute énergie donne une contribution négligeable aux coïncidences). Cette mesure de α_K est possible si l'on connaît le rapport capture L/capture K $= r$ de la transition $^{131}\text{Ba} \overset{K}{\underset{L}{\rightarrow}} {}^{131}\text{Cs}$ (niveau 620 keV), le rapport α_K/α_L du rayonnement de 122 keV (5) et le rendement de fluorescence ϖ_K pour $Z = 55$ (7),

Pour calculer r nous avons utilisé la formule de Marshak (4) (la transition est permise). Nous devons nous assurer que l'énergie de la transition est suffisamment grande pour que le facteur énergétique soit voisin de 1. On prendra alors pour r le rapport des fonctions d'ondes électroniques $g_{L_1}^2/g_K^2$, rapport calculé par Rose (4).

Comme il y a capture K au niveau de 1030 keV, il est certain que la différence d'énergie W_0 du noyau initial (^{131}Ba) et final (^{131}Cs) dans l'état de 620 keV est $W_0 \geq -64$ keV. Le facteur énergétique de la formule de Marshak est alors compris entre 1 et 1,075 d'où $0,12 < r \leq 0,13$: l'erreur qui en résulte sur α_K est négligeable comparée aux erreurs expérimentales.

On obtient pour le coefficient de conversion dans la couche K du photon de 122 keV :

$$\alpha_K = 0,39 \pm 0,04.$$

Ceci correspond à une transition M_1 pure; les calculs de Rose donnent en effet $\alpha_K = 0,42$.

De la mesure de la période du niveau de 122 keV, on avait déduit (2) que cette transition était principalement M_1 interdite.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) W. C. Beggs, B. L. Robinson, et R. W. Fink, *Phys. Rev.*, 101, 1956, p. 149.

(2) H. Vartapetian, L. Dick, R. Foucher et N. Perrin, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 103.

(3) L. Dick, R. Foucher, N. Perrin, et H. Vartapetian, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1335.

(4) M. Langevin, *Thèse* (*Annales de Physique*, 1, 1956. p. 57).

(5) M. W. Elliot et al., *Phys. Rev.*, 88, 263, p. 1952.

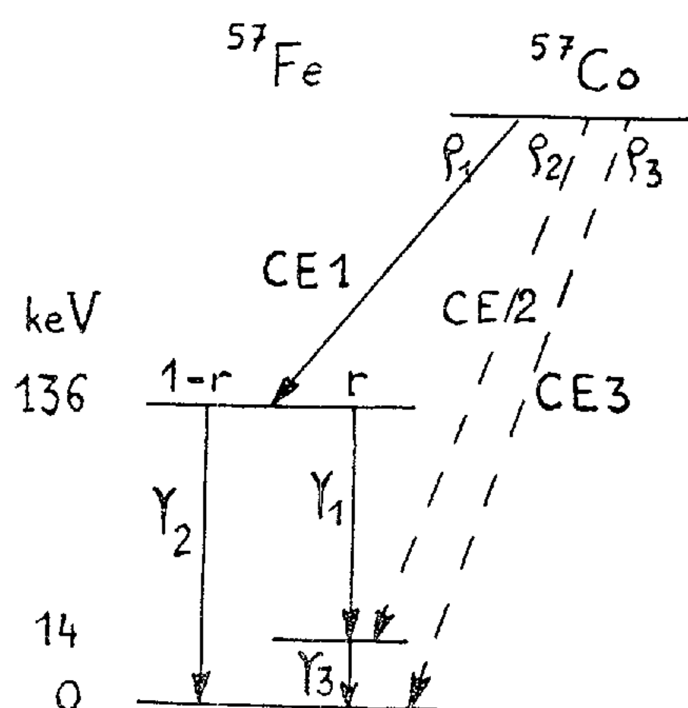
(6) J. M. Cork et al., *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 76.

(7) E. H. S. Burhop, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 625.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La capture d'électrons* L *dans la désintégration du cobalt* 57. Note (*) de M. **André Moussa** et Mlle **Andrée Juillard**, présentée par M. Louis Leprince Ringuet.

Comparaison directe au spectromètre magnétique du nombre d'électrons Auger-K et du nombre d'électrons de conversion d'un quantum de faible énergie fortement converti. Admettant le schéma de désintégration on en déduit une estimation de la proportion de captures L : $\lambda_L/\lambda_K = 0,20 \pm 0,13$.

Le ^{57}Co se désintègre par capture d'électrons conduisant à un niveau excité du ^{57}Fe. Le schéma de désintégration actuellement admis est représenté sur la figure. Une étude des électrons émis a déjà été effectuée dans notre laboratoire ([1]), mais le ^{57}Co employé était accompagné d'une quantité notable de ^{56}Co. Nous avons dû attendre que ce dernier isotope disparaisse presque complètement avant de pouvoir tirer des conclusions relatives au nombre d'électrons Auger émis par le ^{57}Co.



Les sources ont été préparées par la technique précédemment décrite ([1]), le compteur du spectromètre était fermé par une fenêtre de formvar aluminié, supportée par grille de lectromesh, et dont la coupure est à 1,8 keV. On a tracé au spectromètre magnétique le profil des groupes Auger KLL et KLX, ainsi que celui de la raie de conversion K de γ_3, et l'on en a déduit le rapport R_{exp} du nombre d'électrons Auger -K au nombre d'électrons de conversion K de γ_3. Une comparaison des résultats fournis par des comptages échelonnés sur une durée de six mois a permis de déterminer la correction pour tenir compte du faible pourcentage de ^{56}Co encore présent. Nous avons trouvé ainsi $R_{exp} = 1,48 \pm 0,10$. Pour calculer la valeur théorique de ce rapport il est nécessaire de connaître le rendement de fluorescence R_K. Nous avons pris $R_K = 0,31$, valeur fournie par la formule semi-empirique de Burhop ([2]), avec

les coefficients réajustés par Mme Laberrigue-Frolow, Radvanyi et Langevin ([3]). Désignant par ρ_1, ρ_2, ρ_3, les proportions d'embranchement des trois captures CE_1, CE_2, CE_3, du schéma, par α_1, α_2, α_3, les coefficients de conversion K des trois quanta, α'_1, α'_2, α'_3, leurs coefficients totaux de conversion, par r et $1-r$ leurs rapports d'embranchement, on peut écrire :

$$R_{th} = \frac{(1-R_K)\left\{\frac{1}{1+\theta} + \rho_1\left[\frac{\alpha_2(1-r)}{1+\alpha'_2} + \frac{\alpha_1 r}{1+\alpha'_1}\right] + \frac{\alpha_3(\rho_2+\rho_1 r)}{1+\alpha'_3}\right\}}{\frac{\alpha_3(\rho_2+\rho_1 r)}{1+\alpha'_3}}.$$

On a admis le même rapport $\theta = \lambda_L/\lambda_K$ pour les trois captures, le rapport $r = 0{,}91$ est donné par Lemmer, Segaert et Grace ([4]), α_3 été déduit de la valeur $\alpha'_3 = 14{,}5 \pm 1$, donnée par ces auteurs, et de nos mesures antérieures sur le rapport K/(L+M), enfin α_1 et α_2 ont été déduits des tables de Rose. Pour examiner l'influence des facteurs θ, ρ_2, ρ_3, nous avons procédé par tâtonnements. La transition CE_3 étant d'un ordre d'interdiction supérieur à celui de CE_2, ρ_3 doit être nettement plus petit que ρ_2, or par la méthode des coïncidences Lemmer, Segaert et Grace trouvent $(\rho_2+\rho_3)$ inférieur à 0,14. Nos mesures précédentes du rapport des nombres d'électrons K de γ_1 et γ_3 confirment ce résultat, nous admettrons donc que ρ_3 est au plus de l'ordre de 0,01.

Il se trouve d'autre part que des erreurs, même assez importantes, sur ρ_2 et les divers coefficients α, affectent très peu le rapport R_{th}. Par contre R_{th} est fonction croissante de ρ_3 et décroissante de θ. Avec θ et ρ_3 nuls, on obtient $R_{th} = 1{,}63$, pour retrouver R_{exp} on doit prendre $\theta = 0{,}19$ si on admet $\rho_3 = 0$, et $\theta = 0{,}20$ si on admet $\rho_3 = 0{,}01$. On peut donc affirmer que la proportion de captures L n'est pas négligeable. Compte tenu des incertitudes sur les divers facteurs, on peut estimer que $\theta = 0{,}20 \pm 0{,}13$.

La comparaison avec la théorie est difficile, l'énergie totale disponible dans la désintégration étant assez mal connue : 0,45 ± 0,30 MeV, d'après Nussbaum [cité dans ([4])]. Il est donc possible que l'énergie du neutrino soit faible dans la capture prépondérante CE_1, la valeur précédente de θ serait alors compatible avec la théorie.

L'étude du groupe Auger-L aurait permis d'améliorer la précision de la détermination de θ, cependant les prévisions théoriques ne sont pas favorables à la précision, car le nombre moyen de vacances L résultant du réarrangement électronique à la suite d'une vacance K est environ 1,4 pour $Z = 26$, donc pas assez nettement différent de 1. D'autre part l'activité spécifique de la substance était insuffisante pour l'obtention de sources assez minces, vu l'énergie très faible du groupe Auger-L.

Nous pouvons enfin déduire de R_{exp} une estimation du nombre de vacances K par désintégration, estimation qui ne fait pratiquement intervenir que R_K, α_3 et r. On trouve ainsi $N_K = 1{,}62 \pm 0{,}2$. Lemmer, Segaert et Grace ([4]),

trouvent $N_K = 2,1 \pm 0,3$. Les deux valeurs ne sont pas inconciliables, N_K étant plus sensible que R_{th}, aux incertitudes sur α_3 et r. On remarquera d'ailleurs que, α_1 étant très faible, la valeur maximum de N_K est évidemment de l'ordre de 2, même en l'absence de capture L.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) J. B. BELLICARD et A. MOUSSA, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1202.

(2) *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 625.

(3) *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 530.

(4) *Proc. Phys. Soc.*, A 68, 1955, p. 701.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Effet d'impureté en résonance quadrupolaire.* Note (*) de MM. **Bernard Dreyfus** et **Daniel Dautreppe**, transmise par M. Louis Néel.

Les auteurs ont étudié expérimentalement quelques solutions solides dans le paradibromobenzène (p-$Br_2 - \varphi$), par la résonance quadrupolaire des noyaux de ^{79}Br. De la diminution de l'aire de la raie et de son élargissement, ils déduisent le rayon d'action des tensions internes causées par les différentes impuretés.

Différents expérimentateurs ([1]), ([2]), ([3]), ont constaté l'élargissement de la raie de résonance quadrupolaire, en introduisant de faibles concentrations d'impureté dans certains cristaux organiques. Les uns ([1]), ont noté une diminution de l'aire de la courbe d'absorption, quand on augmente la concentration; les autres ([2]), ont cru observer une conservation de l'aire. Autrement dit, les avis divergent quant au nombre total de noyaux résonants.

Nous avions, d'autre part, proposé une explication de cet effet, par la dispersion des carrés moyens des amplitudes de pivotement des molécules au voisinage des impuretés ([4]). Dans le but de préciser ces phénomènes, nous avons étudié les solutions solides de $p - Cl_2 - \varphi$, $p - Cl\,Br - \varphi$ et $p - I_2 - \varphi$, dans $p - Br_2 - \varphi$.

Dispositif expérimental. — Nous avons utilisé la résonance de ^{79}Br dans $p - Br_2 - \varphi$, car la fréquence élevée de résonance (270 MHz), permet un rapport signal sur bruit important. L'oscillateur, du type superréaction à découpage séparé (fréquence de découpage $\sim$200 kHz), était suivi d'un amplificateur sélectif et d'un détecteur de phase, permettant l'enregistrement des dérivées des raies. Nous nous sommes placés dans la condition de fonctionnement dite « mode linéaire »; la linéarité a été vérifiée expérimentalement. Toutes les précautions ont été prises en ce qui concerne l'identité des échantillons, leur centrage dans la self, et la stabilité des appareils au cours de la mesure.

L'aire des raies de résonance était obtenue par intégration à partir des dérivées.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET DISCUSSION. — 1° *Impureté* p-Cl_2-φ. — La représentation graphique adoptée (*fig* 1) est justifiée par les considérations suivantes :

Si l'on admet : 1° que la présence d'une molécule impure décale les fréquences de résonance des N premières voisines du solvant, d'une quantité telle

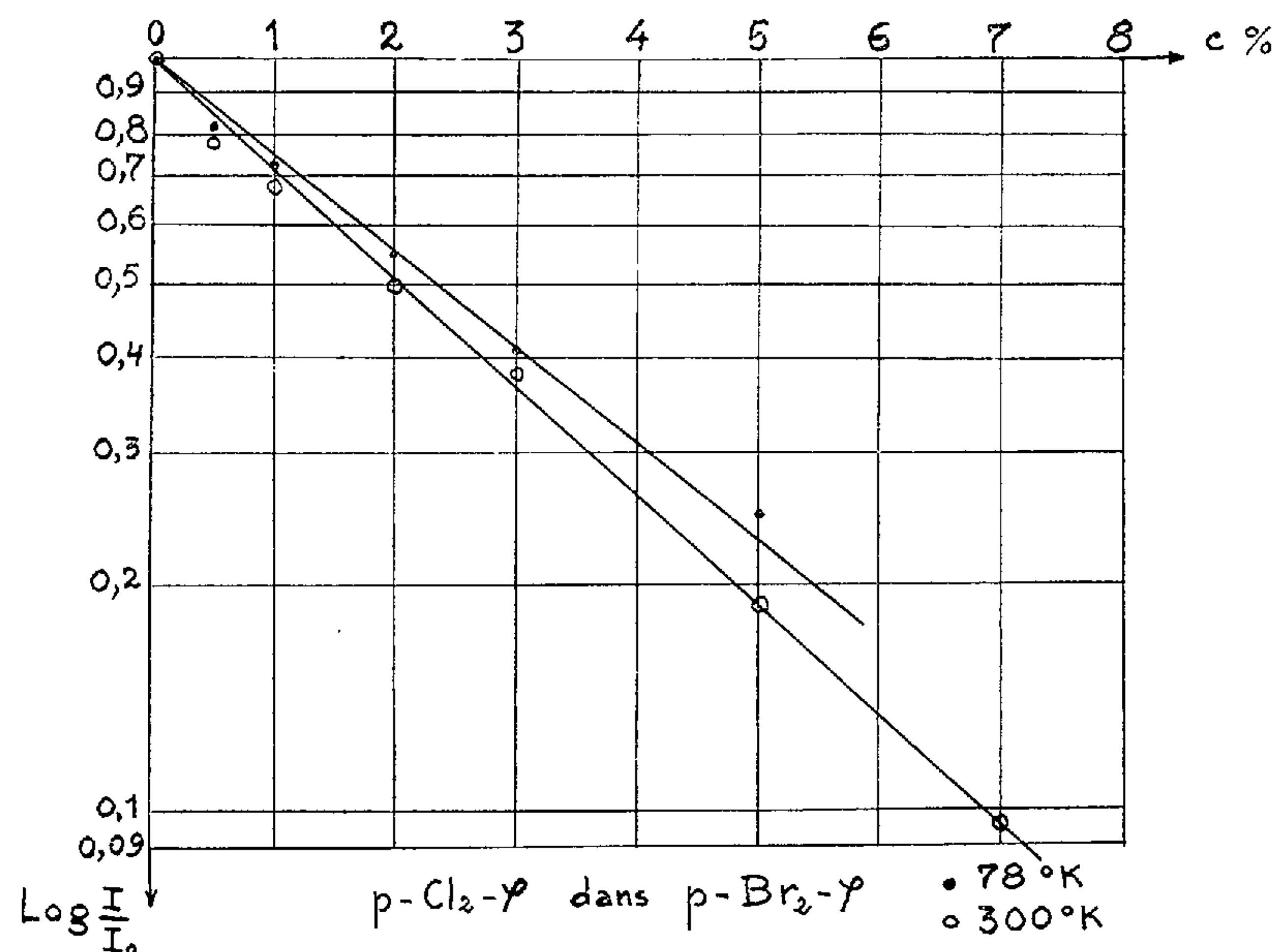


Fig. 1.

qu'elle empêche l'observation *expérimentale* de leur résonance; 2° que la solution est parfaitement *désordonnée*, et 3° que les effets de plusieurs impuretés sont additifs, on doit avoir

$$\frac{I}{I_0} = (1 - c)^{N-1};$$

I/I_0 = Rapport du nombre de noyaux résonants, dans l'échantillon impur, au nombre de noyaux résonants dans un échantillon pur de même masse; c = Concentration moléculaire en impureté.

La loi est vérifiée expérimentalement (*fig*. 1), et conduit à N = 32 à 300° K, et N = 28 à 78° K. Cela nous donne une idée de l'action des tensions internes causées par l'impureté. Le rayon d'action est en bon accord avec celui calculé à partir des contraintes imposées au milieu par la différence de volume des molécules. Ce calcul est effectué, en utilisant une relation contrainte-déplacement de la fréquence de résonance, extrapolée à partir de nos mesures sur l'effet de la pression sur p-Cl_2-φ ([5]).

On prévoit, qu'à l'extérieur du domaine de ces N molécules (domaine critique), les effets seront moins marqués et contribueront à l'élargissement de la raie.

Avec les mêmes hypothèses que précédemment, on trouve :

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 + Ac;$$

σ^2, second moment de la raie dans l'échantillon impur à la température T; σ_0^2, second moment de la raie dans l'échantillon pur à la température T; A, constante dépendant de la nature des molécules en présence et de la température.

La figure 2 traduit les résultats expérimentaux ; A décroît de $66\,\sigma_0^2$ (300° K) à $20\,\sigma_0^2$ (78° K), quand la température décroît de 300° K à 78° K. Cette décroissance peut être imputée aux effets dynamiques ([4]), qui affectent plus la largeur de

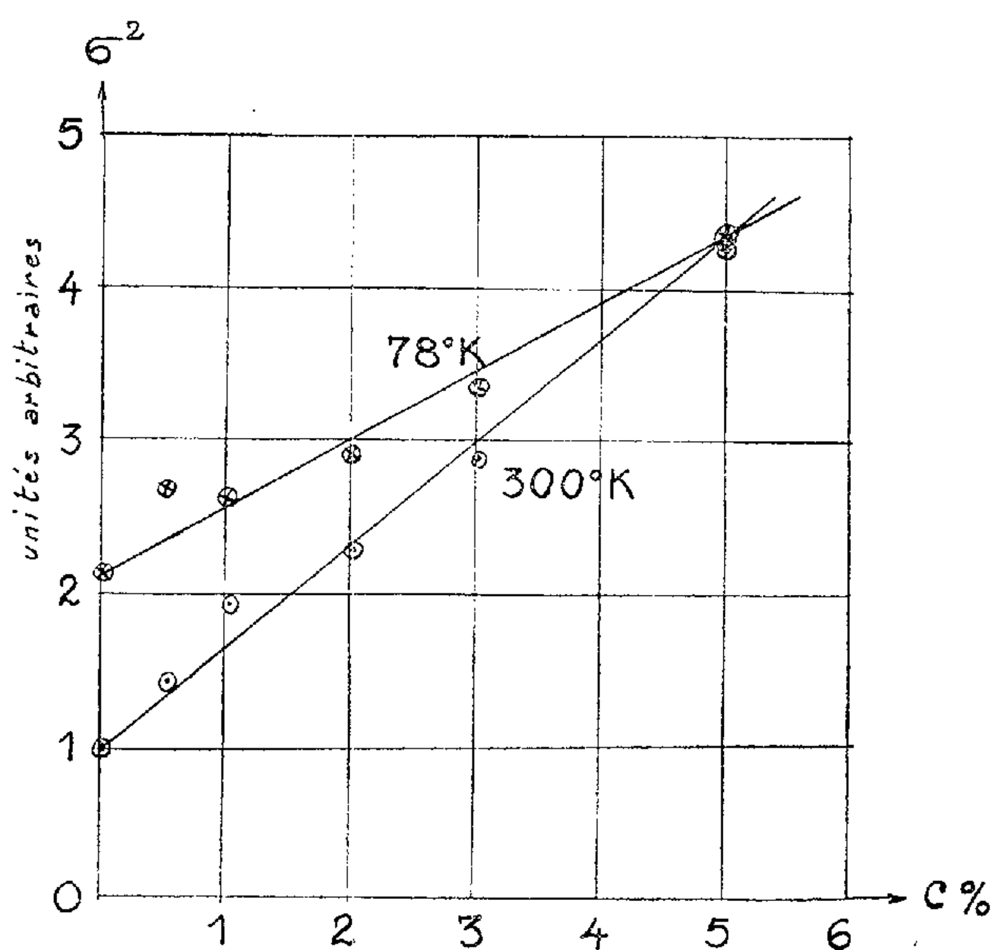


Fig. 2.

raie que l'intensité. On retrouve l'ordre de grandeur en admettant, d'une part, que les contraintes varient en r^{-3} à partir de l'impureté, d'autre part, que la grandeur du glissement de fréquence vaut σ_0 à la limite du domaine critique. Dans ce cas $A/\sigma_0^2 = N \sim 30$.

2° *Impureté* $p - I_2$-φ. — On trouve $N = 80$ et $A \sim 200\,\sigma_0^2$ à température ordinaire. Il y a peu de changement entre 300 et 78° K du moins quant à N.

3° *Impureté* p-Br_2-φ *dans* p-Cl_2-φ. — D'après les résultats expérimentaux de Duchesne et Monfils ([1]), mais à l'aide de notre représentation nous tirons $N = 160$.

Il est remarquable que les nombres 30, 80 et 160 (nombre de molécules dans le domaine critique) soient entre eux, à peu près, comme les nombres 34, 90 et 188 qui représentent, dans un réseau cubique centré, le nombre de sites contenus dans des cubes d'arête respectivement 2, 3 et 4 fois le paramètre.

4° *Impureté p-*Br Cl-φ *dans p-*Br_2-φ. — Dans notre représentation, la loi obtenue n'est pas linéaire, mais *parabolique*; aux concentrations évanescentes la loi tend vers celle obtenue pour *p-*Cl_2-φ dans *p-*Br_2-φ ($N = 30$). Deux hypothèses sont possibles :

a. il y a attraction entre les impuretés et, par suite, un ordre à courte distance. On peut définir un paramètre d'ordre moyen dans le domaine critique, ce paramètre étant proportionnel à la concentration. Sa valeur se tire de nos résultats expérimentaux.

b. non additivité des effets dans le domaine critique.

L'indifférence des résultats expérimentaux vis-à-vis de la température, rend plus probable, à notre avis, la deuxième hypothèse.

Un exposé plus détaillé des résultats obtenus, et de l'interprétation théorique paraîtra ultérieurement.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) J. Duchesne et A. Monfils, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1801.

(2) S. L. Segel et B. C. Lutz, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 1183.

(3) C. Dean, *J. Chem. Phys.*, 23, 1955, p. 1734.

(4) B. Dreyfus et D. Dautreppe, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1751.

(5) D. Dautreppe et B. Dreyfus, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 795 et D. Dautreppe, *Thèse*, Grenoble, 1956 (à paraître).

RADIOACTIVITÉ. — *Dosage de l'actinium dans les minerais.* Note (*) de Mlle **Marguerite Perey** et M. **André Hettler**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Une méthode de très grande sensibilité est établie en extrayant l'actinium X et en mesurant son activité par le dépôt actif. Elle permet de doser l'actinium dans différents produits et en particulier dans les minerais.

Dans un précédent article nous avons indiqué une méthode de dosage de l'actinium par l'intermédiaire du dépôt actif (1). Cette méthode s'applique uniquement aux produits de lanthane actinifères exempts de radium et de thorium, et dont l'actinium est en équilibre avec ses dérivés. Dans la nouvelle méthode nous dosons l'actinium par son dépôt actif, non plus directement, mais par l'intermédiaire de l'actinium X. L'actinium X est séparé sous forme de sulfate en présence de baryum; il est transformé en carbonate puis en chlorure. On dose alors le dépôt actif correspondant à l'actinium X par la méthode précédente. La nouvelle méthode, d'un emploi général, est applicable plus particulièrement dans les cas suivants :

a. Produit entièrement soluble : la solution est trop concentrée en matière, trop acide et oxydante pour que la méthode (1) puisse être appliquée. Dans ce cas la précipitation est faite par l'acide sulfurique;

b. Produit partiellement soluble : l'équilibre actinium-actinium X pouvant être rompu, la méthode (1) est inapplicable;

c. Produit entièrement insoluble : seule la nouvelle méthode peut être utilisée. Elle convient particulièrement aux minerais.

Tous ces cas ont avantage à être ramenés à celui de l'insolubilité totale. Les produits subissent une fusion au bisulfate de potassium en présence de 100 mg de chlorure de baryum comme entraîneur.

Dans les minerais radioactifs, le sulfate de baryum contient non seulement de l'actinium X, mais tous les isotopes du radium, du plomb et du bismuth, des trois familles radioactives. Pour faire le dosage d'après la nouvelle méthode, il faut n'avoir que le dépôt actif de l'actinium. La solution de chlorure 0,5 N ClH obtenue après la transformation du sulfate de baryum en carbonate, est portée à ébullition pendant 10 mn pour chasser les émanations. Un premier sulfure de plomb élimine l'ensemble des dépôts actifs. La mise en équilibre du dépôt actif étant beaucoup plus rapide pour l'actinium que pour le radium et le thorium, il suffit de faire un deuxième sulfure 30 mn après le premier. L'activité qu'aurait eu le dépôt actif s'il avait été en équilibre est rapportée au temps t_0 de la précipitation du sulfate. Nous avons pu doser 1/100e de microcurie d'actinium en présence de 1 μc de radium, ce qui prouve la validité de la méthode. Les résultats obtenus sont à $\pm 5\%$ près.

Remarque. — Des expériences faites avec le mésothorium II ont montré que l'actinium est adsorbé par le sulfate de baryum à raison de 30 à 35 % en présence de lanthane [2], [3]. En opérant sur 20 cm^3 de solution en présence de 100 mg de chlorure de baryum et 100 mg d'oxyde de lanthane, nous avons trouvé une adsorption de $30 \pm 10\%$. La quantité d'actinium X formée à partir de cet actinium étant négligeable pendant la première semaine, il faut faire les dosages pendant cette période.

5,0 g hydroxydes (*)	0,038	μC Ac	–	
50,0 g »	0,40	μC Ac	–	
1,89 g pechblende	1,07	gU	(**)	
	$0,26.10^{-6}$	gRa	$0,36.10^{-6}$	g
	0,02	μC Ac	0,016	μC
5,0 g minerai Crouzille	0,54	gU	–	
	$0,10.10^{-6}$	gRa	$0,18.10^{-6}$	g
	0,008	μC Ac	0,007	μC

(*) « Hydroxydes riches provenant du traitement des minerais d'uranium de la Crouzille ».
(**) Valeurs calculées à partir de l'uranium.

Résultats et conclusions. — L'actinium peut être dosé avec une sensibilité supérieure à celle de toutes les autres méthodes. Cette sensibilité est telle que l'actinium a pu être dosé pour la première fois directement sur les mêmes quantités de minerais nécessaires au dosage de l'uranium et du radium. Le radium présent avec son isotope, l'actinium X peut directement être dosé dans la même solution.

Cette méthode est la seule permettant de doser l'actinium en présence d'impuretés radioactives dans des insolubles.

Il est intéressant à noter que la quantité d'actinium calculée à partir de celle de l'uranium est en très bonne concordance avec l'expérience, mais que le radium n'est pas en équilibre.

Dans un article d'ensemble, nous comparerons les sensibilités et les cas dans lesquels différentes méthodes de dosage des produits actinifères doivent être employées.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2552.

(2) *National Nuclear Energy Series*, Manhattan Project Technical Section, 14 A, p. 34.

(3) *National Nuclear Energy Series*, Manhattan Project Technical Section, 14 B, p. 1371.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'effet photodipolaire dans le sulfure de zinc.* Note de MM. **René Freymann, Edmond Grillot**, Mlles **Monique Hagène** et **Madeleine Le Page**, présentée par M. Jean Cabannes.

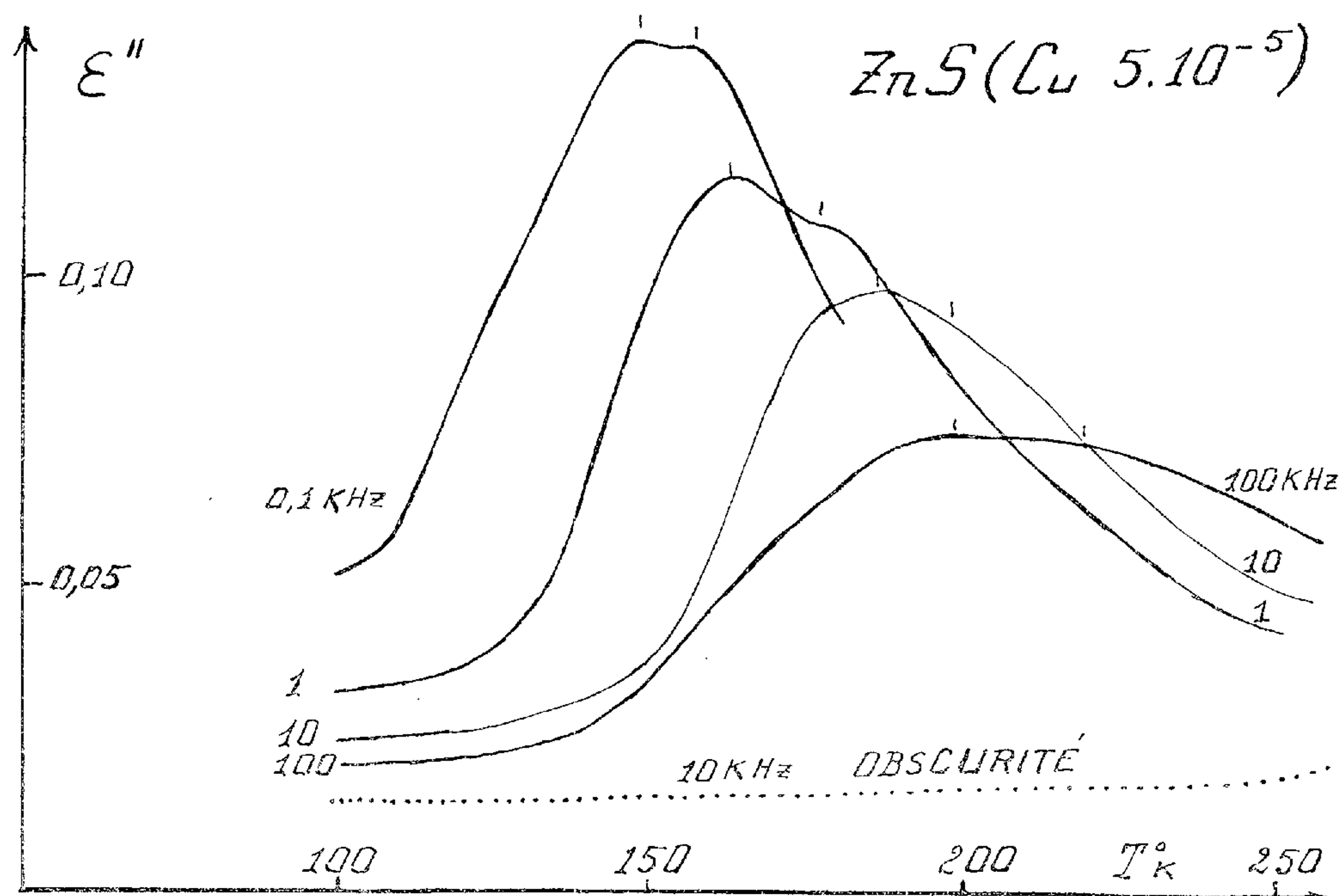
Une importante absorption dipolaire Debye a été observée dans le ZnS (pur ou diversement activé) soumis à une irradiation ultraviolette. L'énergie d'activation des dipôles créés par la lumière et la loi de déclin semblent indiquer que le phénomène est lié à l'existence d'électrons piégés et qu'il en fournisse un nouveau moyen d'étude, complémentaire de la phosphorescence.

L'action de la lumière sur la conductivité σ ou la constante diélectrique complexe $\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon''$ des cristaux ioniques ou des semi-conducteurs a fait l'objet de divers travaux (1). L'interprétation de ces données s'est toutefois heurtée à des difficultés que nous attribuons à trois causes : 1° L'expérience nous a montré qu'il est nécessaire de mesurer ε' et ε'' à la fois *dans l'ensemble du spectre hertzien et dans la plus large gamme possible de températures;* 2° *un grand nombre de variables* interviennent, parmi lesquelles : conditions chimiques et physiques de préparation du produit examiné; concentration c en luminogène, température T et fréquence ν de mesure; durée d'irradiation θ; temps de déclin t; longueur d'onde λ de la lumière; tension V appliquée; effet d'une irradiation simultanée en ultraviolet et infrarouge, etc. 3° Il importe de souligner l'existence d'au moins deux phénomènes distincts : l'effet *photoélectrique,* provenant des porteurs *libres* (particulièrement marqué en courant continu ou en basse fréquence) et l'effet *photodipolaire,* provenant des porteurs *liés*. L'objet de cette Note est d'indiquer que ces derniers peuvent être atteints par l'étude de l'absorption dipolaire Debye.

A l'encontre de l'oxyde de zinc (2), le sulfure de zinc, pur ou diversement activé, ne semble pas comporter de défauts de réseau constituant des dipôles permanents : *l'absorption dipolaire Debye, inobservable à l'obscurité, ne s'y*

manifeste en effet que par excitation optique. Le déclin après l'arrêt de l'irradiation, et nos autres résultats ([3]) semblent indiquer que les dipôles, créés par la lumière et responsables de cette absorption, sont en liaison directe avec les pièges responsables de la phosphorescence.

Nous avons examiné les sulfures de zinc suivants, calcinés 30 mn à 1 100°C en présence de 2 % de ClNa (sauf 1°), puis lavés à l'eau chaude, au Kumagawa, pendant 48 h, pour éliminer tout chlorure superficiel : 1° non activé et sans ClNa; 2° non activé mais avec ClNa; 3° activé par 5.10^{-4} Cu; 4° activé par 5.10^{-5} Cu; 5° activé par 5.10^{-5} Au; 6° activé par 5.10^{-5} Ag. Dans les quatre premiers cas, nous avons préparé deux groupes d'échantillons, par précipitation initiale, les uns par $S(NH_4)_2$, les autres par des ions $S_2O_3^{--}$ ([4]). Dans tous ces échantillons, nous avons mesuré ε' et ε'' pour T compris entre 80 et 300 °K et ν compris entre 0,1 et 1 000 kHz, en les irradiant par la lumière de l'arc à mercure filtrée par un verre de Wood ($\lambda = 3\,650$ Å) ([5]). Ensuite, nous avons étudié l'effet de θ et surtout du temps de déclin t : pour cela, pour une température T, nous déterminions ε' et ε'' en fonction de θ et t puis nous reprenions cette expérience de 10 en 10°.



1. *Étude sous irradiation constante*. — La figure 1 donne, à titre d'exemple, les valeurs de ε'' en fonction de T pour $\nu = 0{,}1$, 1, 10 et 100 kHz obtenues avec ZnS (Cu : 5.10^{-5}). On note :

a. L'absence de bande dans l'obscurité et, pour toutes ces fréquences, l'importante influence de l'irradiation ultraviolette.

b. La décroissance du maximum de l'intensité du maximum de ε'' quand la fréquence ν augmente.

c. Pour chaque substance examinée, ces courbes $\varepsilon''(T, \nu)$ nous ont permis de calculer les énergies d'activation U correspondantes [par $\nu_c = A \exp - (U/kT)$]. Dépendant du produit étudié, trois séries de valeurs ont été obtenues qui concordent d'une manière assez satisfaisante avec les profondeurs des pièges mesurées dans ZnS par thermoluminescence, comme il apparaît dans le tableau ci-dessous :

Profondeur des pièges (M. et D. Curie) ([5]) (eV).	0,30	0,40	0,50 à 0,70
U de l'absorption Debye (auteurs) (eV)........	0,26 ± 0,04	0,37 ± 0,04	0,45 à 0,68 (environ)

La méthode hertzienne permet une bonne détermination lorsque les maxima d'absorption provenant des divers niveaux ne sont pas trop enchevêtrés. Il reste cependant à expliquer l'observation de deux maxima voisins (*fig*. 1) correspondant à des valeurs de A différentes mais, semble-t-il, à une même valeur de U.

d. Par analogie avec les données optiques ([6]), les deux premiers niveaux ont été observés dans les produits non activés aussi bien qu'activés et semblent ainsi *provenir essentiellement du réseau cristallin*. On décèle cependant une influence (du second ordre) du luminogène : la position des niveaux est en effet un peu différente pour 5.10^{-4} Cu et 5.10^{-5} Cu et d'autre part, pour une même concentration de 5.10^{-5}, les valeurs de U sont sensiblement différentes pour Cu, Au, Ag.

2. *Étude du phénomène de déclin*. — Nous avons examiné d'une part $\varepsilon''(t, \nu, T)$ et d'autre part $U(t)$: après une irradiation de $\theta = 20$ mn ou $\theta = 50$ mn, le déclin a été étudié de $t = 0$ à $t = 30$ mn, de 10^s en 10^s.

a. de faibles variations de U semblent apparaître en fonction du temps de déclin t;

b. pour des valeurs déterminées de ν et T, la loi de déclin de ε'' en fonction du temps t s'exprime en première approximation par $A.t^{-n}$ avec $n \leqq 1$: les valeurs $n = 1$ ou $n = 0,5$ satisfont respectivement à un certain nombre de mesures pour 5.10^{-4} Cu et pour 5.10^{-5} Cu. Comme dans le déclin de phosphorescence de ZnS(Cu), n varie fortement avec T; elle varie également avec ν.

En conclusion, les résultats ci-dessus semblent indiquer que le nouveau phénomène observé est attribuable à des électrons piégés dans le réseau cristallin. Comme on le sait, les renseignement fournis par la thermoluminescence correspondent à un effet dynamique d'électrons éjectés de leur piège puis donnent lieu à la recombinaison dans les centres. On peut espérer que l'absorption bipolaire Debye fournisse des renseignements complémentaires

permettant l'étude, en quelque sorte statique, des pièges remplis et peut-être celle du repiégeage.

(1) *Voir* par exemple : C. F. J. GARLICK, *Luminescent materials* (1 vol., Oxford, 1946) et J. ROUX; *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, 176; *Thèse*, Paris, 1955.

(2) R. FREYMANN et al., *Colloque Ampère*, *Arch. Sciences*, Genève, 9, 1956, p. 54.

(3) R. FREYMANN, *Colloque International sur la luminescence des corps cristallins anorganiques; J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 806; E. GRILLOT, *Ibid.*, p. 810; E. FREYMANN et E. GRILLOT, *Internationales Kolloquium über Halbleiter und Phosphore*; Garmisch-Partenkirchen, 1956 (sous presse).

(4) E. GRILLOT, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 543 et *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 19, 1951, p. 35.

(5) L'irradiation par la raie 5 460 Å du mercure produit un effet trop faible.

(6) *Cahiers de Physique*, 1955.

CHIMIE MINÉRALE. — *Diagramme de solidification des alliages sodium-gallium*. Note (*) de MM. **PIERRE FESCHOTTE** et **EMILE RINCK**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le sodium présente une grande affinité pour le gallium auquel il s'allie avec dégagement de chaleur, en donnant naissance à deux composés définis fondant à haute température et correspondant aux formules Na_5Ga_8 et $NaGa_3$.

Les alliages du gallium avec le sodium n'ayant été étudiés jusqu'ici que d'une manière très fragmentaire (1), (2) et (3), nous avons établi le diagramme complet de ce système qui était encore inconnu et pourrait bien faciliter les recherches entreprises en vue de l'extraction du gallium, métal cher parce que très disséminé, au cours de la fabrication de l'alumine par le procédé Bayer. Les lessives de soude utilisées s'enrichissent en effet lentement en galline et il est possible d'en extraire le métal par électrolyse.

Le gallium utilisé pour cette étude possède une pureté spectroscopique et fond à 29,80 ± 0,02° C. Le sodium du commerce, après décapage mécanique, a été redistillé trois fois sous vide et manipulé à l'abri de l'air. Le mélange des deux métaux se fait sous vide dans un tube de verre Pyrex et l'analyse thermique, conduite sous argon, s'effectue par l'intermédiaire d'un couple thermoélectrique protégé par une gaine de fer. Les courbes d'échauffement et de refroidissement en fonction du temps sont enregistrées par un millivoltmètre électronique. Le domaine de température exploré est compris entre 0 et 650° C.

L'étude thermique, chimique et microscopique des différents alliages fait ressortir les constatations suivantes :

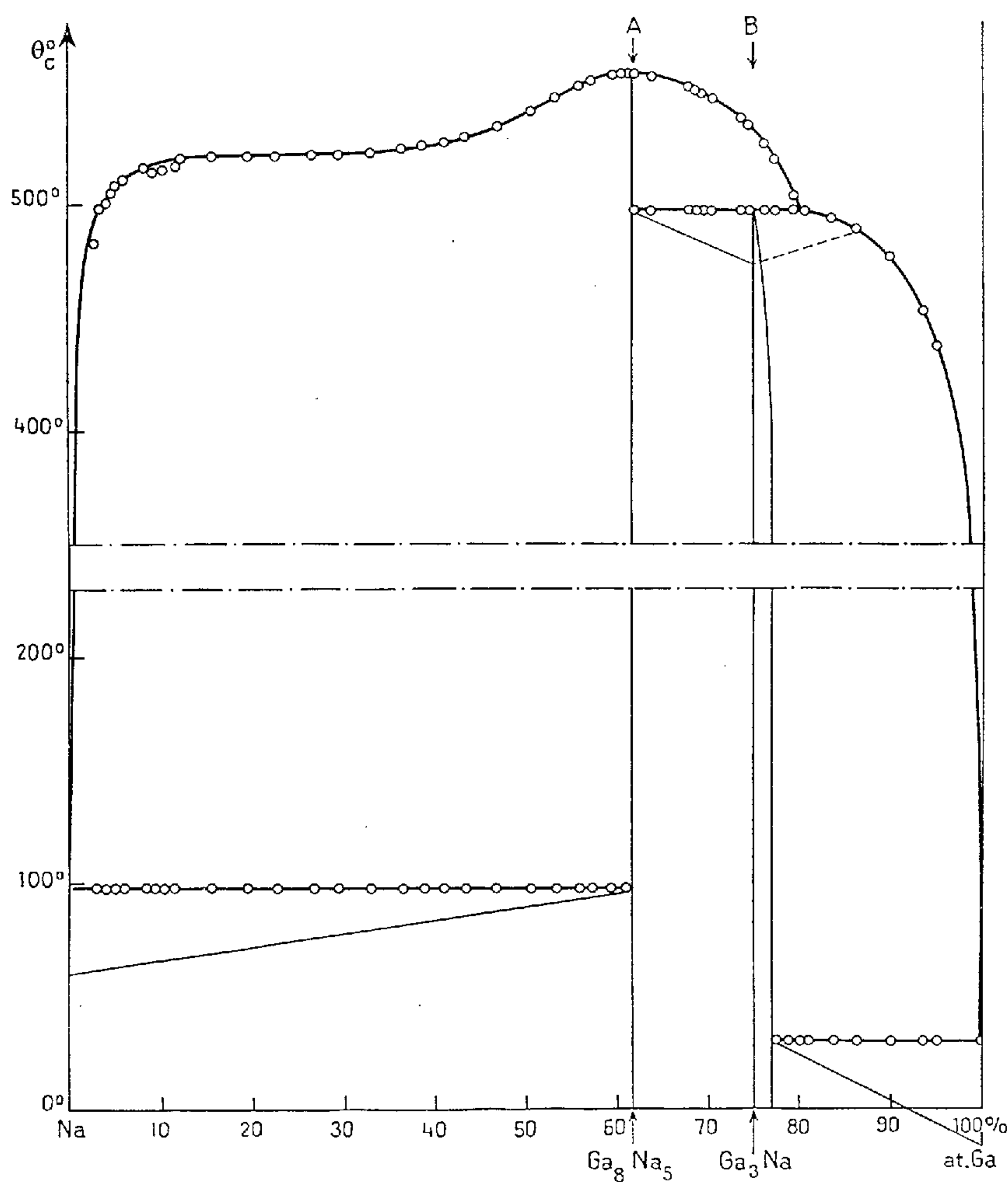
1. Le sodium réagit avec le gallium pour donner naissance à un composé défini fondant à 556 ± 1° C pour la composition (A) :

Ga : 61,6 atomes %, Na : 38,4 atomes %

correspondant à la formule Na_5Ga_8, pour laquelle on calcule

Ga : 61,54 atomes %, Na : 38,46 atomes %.

Lorsqu'on abandonne au refroidissement à partir de 600° C des alliages contenant moins de 61,6 % de gallium, une phase de composition Na_5Ga_8 se dépose à des températures comprises entre 98 et 556° C suivant la composition globale. Le système devient invariant lorsque le sodium se solidifie à la température de 98° C.



2. Pour des alliages contenant de 61,6 à 80 % de gallium, nous obtenons le dépôt, à des températures comprises entre 556 et 497° C, de la même phase Na_5Ga_8 qui se transforme partiellement à 497° en une nouvelle phase (B) contenant :

Ga : 75 atomes %, Na : 25 atomes % ;

cette composition correspondant à la formule $NaGa_3$ a été déterminée par la mesure des paliers de Tammann en réchauffant l'alliage après lui avoir fait subir un recuit prolongé, vers 480° C.

3. De 80 à 100 % de gallium, la phase $NaGa_3$ se dépose entre 497 et 30°C, température à partir de laquelle le gallium se trouve solidifié.

La combinaison correspondant à la composition Na_5Ga_8 peut être isolée par attaque du sodium libre à l'alcool absolu; il reste un agglomérat de fines aiguilles pouvant atteindre un demi-centimètre de long qui sont décomposées lentement par l'alcool et l'eau à froid avec dégagement d'hydrogène. La décomposition, plus vive dans l'eau chaude ou les acides dilués, se trouve bientôt ralentie par formation de gallium libre qui, sous forme de gouttes, enrobe et protège la portion de composé défini inattaquée. Cette combinaison se conserve en tube scellé sous vide; elle est très friable et cassante.

De 61,6 à 80 % de gallium, les phases A et B sont en présence selon des proportions variant, pour un même alliage, avec la durée du recuit nécessaire à l'établissement de l'équilibre :



$$Na_5Ga_8 + 7Ga \rightleftharpoons 5NaGa_3.$$

Cette dernière combinaison cristallise en minces plaquettes facilement clivables et possédant un très bel éclat métallique qui faiblit lentement à l'air humide. Ce composé, stable à l'air sec, se dissout très mal dans les acides dilués et chauds, toujours par suite du rôle protecteur joué par le gallium qui apparaît au cours de l'attaque.

Pour savoir si le sodium est capable de dissoudre de faibles quantités de composé Na_5Ga_8, nous l'avons attaqué par de l'alcool absolu dans un alliage contenant 20 % de gallium. Le dosage par spectrophotométrie en présence d'aluminon, du gallium contenu dans la solution alcoolique conduit à la valeur de $1,6.10^{-2}$ atomes %. Cette solubilité très faible ne peut pas être décelée par l'analyse thermique.

Inversement, le gallium dissout très peu de combinaison $NaGa_3$ et la mesure par voie électrochimique [3] de la concentration exprimée en atomes pour-cent de sodium donnait la valeur de $4,3.10^{-5}$.

La combinaison Na_5Ga_8 ne dissout ni sodium, ni combinaison $NaGa_3$, puisque les paliers de solidification de ces deux phases s'annulent pour la même composition qui est celle de Na_5Ga_8. Enfin, le composé $NaGa_3$ donne avec le gallium une solution solide dont le domaine d'existence se limite aux alliages contenant de 75 à 77 % de gallium.

Les formules Na_5Ga_8 et $NaGa_3$, déduites des données expérimentales, peuvent être rapprochées de celles qui ont été attribuées aux phases γ (type Cu_5Zn_8) et ε (type $CuZn_3$), conformément à la règle de Hume-Rothery qui leur attribue les concentrations électroniques 21/13 et 7/4. Il est remar-

quable que les deux composés définis Na_5Ga_8 et $NaGa_3$ correspondent également à ces valeurs de la concentration électronique si l'on convient de ne faire intervenir que deux électrons pour le gallium.

Seule la connaissance des quatre diagrammes donnés par le gallium avec le sodium, le potassium, le rudidium et le césium permettra d'envisager une généralisation de la règle de Hume-Rothery et leur étude est en cours.

(*) Séance du 29 octobre 1956.
(1) PUSCHIN, STEPANOVIC et STAJIC, *Z. anorg. Chem.*, 209, 1932, p. 333.
(2) ZINTL et KAISER, *Z. anorg. Chem.*, 211, 1933, p. 121.
(3) GILFILLAN et BENT, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1662.

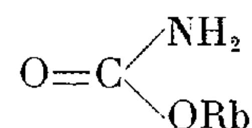
CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation des carbamates de rubidium et de césium.* Note de M. **MAURICE BERNARD**, présentée par M. Louis Hackspill.

On peut préparer les carbamates de rubidium et de césium en opérant dans l'ammoniac liquide la double décomposition entre le carbamate d'ammonium et un sel alcalin (rubidium ou césium) soluble. Le carbamate alcalin insoluble (dans l'ammoniac) précipite. Mis en solution dans l'eau il est rapidement hydrolysé en donnant le carbonate correspondant et du carbonate d'ammonium.

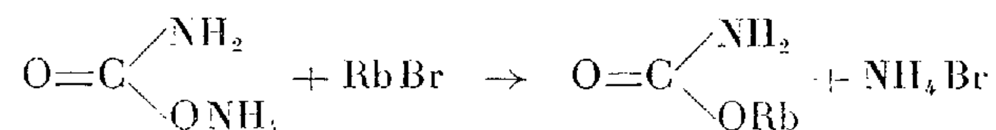
Nous avons dans une Note parue précédemment aux *Comptes rendus* (1) indiqué le principe d'une méthode générale de préparation des carbamates métalliques insolubles dans l'ammoniac liquide, méthode appliquée en particulier aux carbamates de sodium et de potassium.

Nous avons utilisé avec succès cette méthode pour la préparation des carbamates de rubidium et de césium non signalés à notre connaissance jusqu'à ce jour.

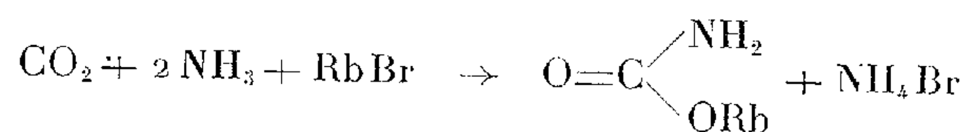
Pour le carbamate de rubidium



nous dissolvons dans 250 cm³ d'ammoniac liquide 20 g de bromure de rubidium préparé à partir de l'alun de rubidium par la méthode de Stolba-Delépine (2). Le bromure de rubidium est en effet l'un des sels usuels de rubidium très solubles dans l'ammoniac liquide (3). Nous ajoutons à cette solution 5 g d'anhydride carbonique, soit légèrement moins que la quantité stœchimétrique nécessaire d'après la réaction

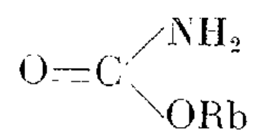


ou bien



ceci pour éviter la présence de carbamate d'ammonium difficile à éliminer de l'insoluble final. Nous agitons le mélange pendant 4 h environ en vase ouvert refroidi par un mélange neige carbonique-acétone. Le précipité est alors filtré et lavé avec soin à l'ammoniac liquide pour éliminer le bromure d'ammonium et éventuellement le bromure de rubidium n'ayant pas réagi, puis essoré et séché à l'abri de l'humidité.

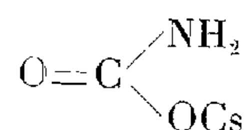
L'expérience montre que le carbamate de rubidium (comme les autres carbamates alcalins) a une stabilité à la chaleur plus grande que le carbamate d'ammonium, ce qui permet éventuellement d'éliminer ce dernier par chauffage au bain-marie sous vide partiel à 60° C. Le rendement est presque quantitatif. Pour l'essai signalé plus haut le poids de carbamate de rubidium recueilli est de 15 g (maximum théorique 16,5 g). Le sel obtenu est blanc, pulvérulent, hygroscopique mais stable en tube bouché. Il émet une forte odeur d'ammoniac et il est entièrement soluble dans l'eau. L'analyse est en bon accord avec la formule



Par exemple :

	Sel.	CO_2 théorique.	CO_2 expérimental.	Différence.
Poids (g)..........	0,756	0,228	0,221	— 3 %
	Sel.	NH_3 théorique.	NH_3 expérimental.	Différence.
Poids (g)..........	0,663	0,077	0,073	— 5 %
	Sel.	Rb théorique.	Rb expérimental.	Différence.
Poids (g)..........	0,720	0,423	0,415	— 2 %

La même technique s'applique à la préparation du carbamate de césium en traitant par l'anhydride carbonique une solution non saturée d'iodure de césium dans l'ammoniac liquide. L'iodure de césium est en effet nettement plus soluble que les autres sels usuels dans l'ammoniac liquide. Après agitation l'insoluble est filtré, lavé et séché. Le rendement est presque quantitatif. L'analyse confirme avec des écarts ne dépassant pas 5 % la formule



C'est également un sel blanc, hygroscopique à forte odeur d'ammoniac et soluble dans l'eau.

L'hydrolyse des carbamates de rubidium et de césium est très rapide et fournit une méthode possible de préparation des carbonates correspondants.

En résumé il est donc possible d'obtenir par le même processus la série complète des carbamates alcalins à peu près purs et avec de bons rendements.

(1) Bernard, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 844.
(2) Delépine, *Ann. Chim.*, 12, 1952, p. 7.
(3) Linhard et Stephan, *Z. physik. Chem.*, A 163, 1933, p. 185; A 167, 1933, p. 187.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur des esters de diols et de triols.* Note de MM. **Henry Gault** et **Giang Nguyen Thanh**, présentée par M. Marcel Delépine.

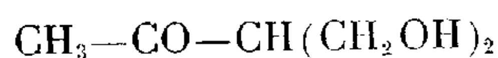
Nous nous sommes proposé, en vue de synthèses ultérieures, de rechercher un mode de préparation commode d'esters de diols et de triols renfermant encore un groupement hydroxyle dans leur molécule.

Nos premières recherches dans cette voie, suite de celles dont l'exposé a fait l'objet d'une Communication récente de l'un de nous avec Mme R. Lumbroso (1); ont pris comme point de départ la monohydroxyméthyl-acétone (butanolone) (I)



$$CH_3-CO-CH_2-CH_2OH$$

et la dihydroxyméthyl- acétone (hydroxyméthyl-butanolone) (II)

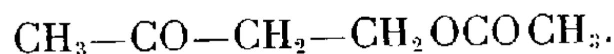


$$CH_3-CO-CH(CH_2OH)_2$$

produits de condensation du formaldéhyde avec l'acétone, que nous avons soumis à une acétylation totale par le chlorure d'acétyle en milieu pyridinique.

Nous avons ainsi pu préparer l'acétate de butanolone (III) par une technique autre que celle qui met en œuvre l'anhydride acétique (2) et, d'autre part, le diacétate de l'hydroxyméthyl-butanolone (IV) qui n'avait pas été décrit jusqu'à présent.

Acétate de la butanolone (III)



$$CH_3-CO-CH_2-CH_2OCOCH_3.$$

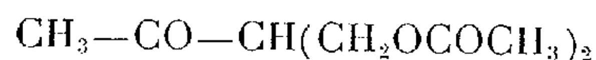
On verse goutte à goutte dans le mélange, refroidi à — 10°, de butanolone (0,75 mol) et de pyridine (1,65 mol) une solution de chlorure d'acétyle (1,65 mol) dans le chloroforme.

On maintient la température à — 10° pendant 4 h, puis termine la réaction en chauffant à 50° pendant 1 h. Le mélange, ramené à la température ordinaire, est abandonné à lui-même pendant 12 h puis traité par l'acide sulfurique dilué

à 10 %. La couche chloroformique est lavée, jusqu'à neutralité, avec une solution saturée de bicarbonate de sodium puis à l'eau, et, enfin, séchée sur carbonate de potassium.

Par élimination du chloroforme, on recueille un liquide que l'on soumet à la distillation fractionnée sous pression réduite (15 mm). La fraction passant à 97° est constituée par l'acétate (III).

Diacétate de la dihydroxyméthyl-butanolone (IV)



$$CH_3{-}CO{-}CH(CH_2OCOCH_3)_2$$

Nous avons préparé ce diester en faisant réagir le chlorure d'acétyle sur l'hydroxyméthyl-butanolone (II) en milieu pyridinique, dans des conditions opératoires qui ne diffèrent des précédentes que parce que le chauffage terminal à 50° du mélange réactionnel est inutile.

Par évaporation de la solution chloroformique finale, on recueille un liquide qui se prend en masse par refroidissement. Le produit obtenu fond, après recristallisation dans l'alcool, à 84°.

L'hydrogénation catalytique des deux esters acétiques (III) et (IV) en présence de nickel de Raney nous a conduits d'une part au monoacétate du butanediol-1.3 (V) et, d'autre part, au diacétate de l'hydroxyméthyl-2 butanediol-1.3.

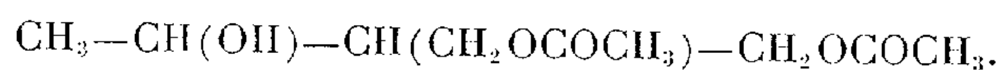
Monoacétate du butanediol-1.3 (V)



$$CH_3{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_2OCOCH_3$$

— L'hydrogénation est conduite à 90° sous 100 kg (température et pression de départ) en milieu acétate d'éthyle. Le monoester (V) déjà obtenu, à côté de divers composés ([3]), par action de l'aluminate d'éthyle sur l'acétaldéhyde, c'est-à-dire par une méthode plus compliquée que celle que nous avons employée, est un liquide bouillant à 102-104° sous 15 mm.

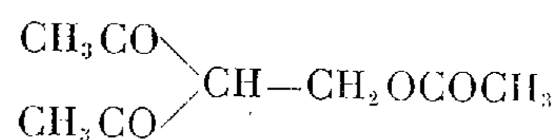
Diacétate de l'hydroxyméthyl-2 butanediol-1.3 (VI)



$$CH_3{-}CH(OH){-}CH(CH_2OCOCH_3){-}CH_2OCOCH_3.$$

On obtient ce diacétate par hydrogénation catalytique, sur nickel de Raney, du diacétate (IV), à 155° sous 140 kg (température et pression de départ). C'est un liquide incolore bouillant à 172-173° sous 0,5 mm, soluble dans l'alcool, peu soluble dans l'éther et soluble en toutes proportions dans l'eau.

Acétate de l'hydroxyméthyl-3 pentanedione-2.4 (VII)



$$\begin{matrix}CH_3CO\diagdown \\ \\ CH_3CO\diagup\end{matrix}CH{-}CH_2OCOCH_3$$

Au cours de l'acétylation de la butanolone, nous avons recueilli une très faible quantité de cet acétate (VII) qui prend naissance par fixation du groupement

acétyle sur l'atome de carbone secondaire voisin du groupement carbonyle. Ce fait expérimental qui correspond à la formation d'un complexe β-dicétonique doit être rapproché de celui qui a été signalé à propos du diacétone-alcool dans une communication précédente [1]. Cet acétate bout sous 15 mm à 112-113° et donne avec le chlorure ferrique une coloration rouge foncée, caractéristique de sa structure.

Il donne une phénylhydrazone fondant à 205°.

Nous étudions le comportement chimique de ces divers composés.

(1) H. Gault et Mme Lumbroso. *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1330.
(2) Brevet Bayer D. R. P. 223.207, 1909.
(3) Tischtschenko, C. II, 1906, p. 1309.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réarrangements rétropinacoliques dans quelques réactions d'aromatisation.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **Henri Christol**, présentée par M. Marcel Delépine.

La déshydratation acidocatalysée des dialcoyl-2.2 et polyméthylène-2.2 tétralols-1 conduit, par réarrangement rétropinacolique, aux dialcoyl-1.2 et cycléno-1.2 dihydro-3.4 naphtalènes identifiés par passage aux dérivés naphtaléniques correspondants au moyen de l'anhydride sélénieux. Les indanols-1 disubstitués-2.2 donnent une transposition moléculaire identique.

Les dialcoyl-2.2 tétralols-1 sont aisément obtenus par réduction, au moyen du borohydrure de lithium ou de l'hydrure d'aluminium-lithium, des cétones correspondantes dont la préparation simple a déjà été donnée [1]. Leur déshydratation par le bisulfate de potassium, conduit exclusivement aux dialcoyl-1.2 dihydro-3.4 naphtalènes.

Ces carbures ont été caractérisés par leur spectre ultraviolet qui présente dans l'alcool à 265 mμ ($\log\varepsilon \# 4{,}00$) un maximum caractéristique de la bande styryle [2]. En outre, leur déshydrogénation a été réalisée par l'anhydride sélénieux.

On obtient ainsi, avec un rendement de 80 %, les dialcoyl-1.2 naphtalènes caractérisés par leur spectre ultraviolet et leur picrate : F 130-131° (alcool 95°) pour le diméthylé (Tr. N % 10,85), 107-108° (alcool 95°) pour le diéthylé (Tr. N % 10,10).

Nous avons généralisé cette réaction de déshydrogénation par l'anhydride sélénieux aux carbures hydroaromatiques suivants :

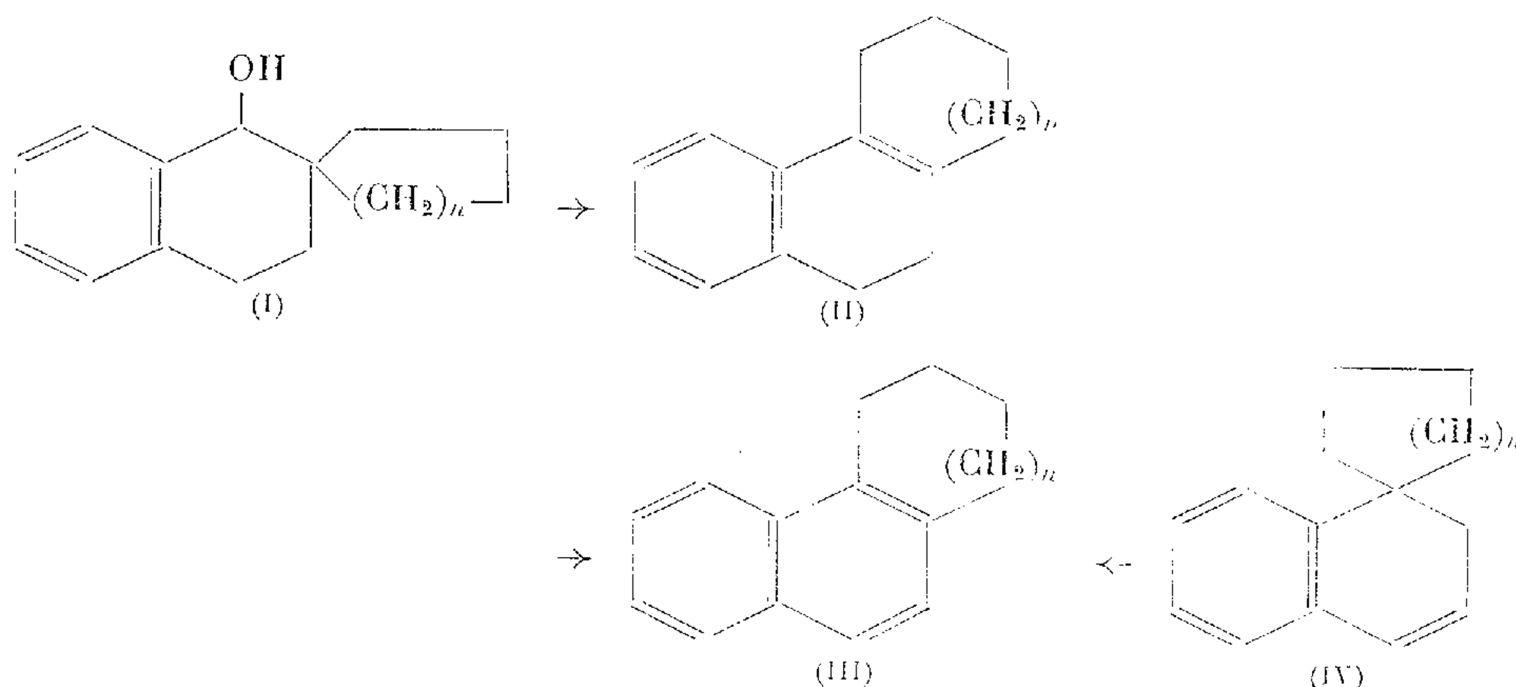
1° Le dihydro-1.2 naphtalène ($\lambda_{max}^{alc} = 260$ mμ, $\log\varepsilon = 3{,}96$) conduit au naphtalène (Rdt 80 %).

2° Les méthyl-1 et éthyl-1 dihydro-3-4 naphtalènes ($\lambda_{max}^{alc} = 261$ mμ, $\log\varepsilon \# 4{,}00$) sont préparés par distillation sous pression réduite des alcoyl-1 tétralols-1. De cette façon, on évite la dismutation qui se produit en présence d'un réactif

acide ([3]). Par oxydation sélénieuse, on recueille uniquement les méthyl-1 et éthyl-1 naphtalènes (Rdt 80 %), picrates : F 139-140° (alcool 95°) et F 99° (alcool 95°) respectivement.

3° Les alcoyl-2 dihydro-3-4 naphtalènes ($\lambda_{max}^{alc} = 263$ mμ, log ε ≠ 4,00) ont été préparés à partir des alcoyl-2 tétralones-1 correspondantes [*cf.* ([4])] par réduction, puis déshydratation au bisulfate de potassium. A partir du méthyl-2 dihydro-3-4 naphtalène, on obtient 60 % de méthyl-2 naphtalène F 34-35° (éther de pétrole), picrate F 115-116° (alcool) et 10 % de naphtaldéhyde-2 F 61° (benzène-éther de pétrole), DNP F 253-254° (xylène). A partir de l'éthyl-2 dihydro-3-4 naphtalène, on isole de même l'éthyl-2 naphtalène picrate F 77° (alcool 95°) accompagné d'un peu de β-naphtyl méthyl cétone F 56° (benzène-éther de pétrole) DNP F 262° (xylène).

Nous avons, enfin, envisagé le comportement d'alcools hydroaromatiques de structure spiro. La déshydratation du tétraméthylène-2.2 tétralol-1 (I, *n* = 1) déjà réalisée ([5]) et du pentaméthylène-2.2 tétralol-1 (I, *n* = 2) conduit aux carbures (II) ($\lambda_{max}^{alc} = 265$ mμ, log ε ≠ 4). Après déshydrogénation par SeO_2, nous avons respectivement obtenu le tétrahydro-1.2.3.4 phénanthrène (III, *n* = 1) F 34° (MeOH) (tr. %, C 92,20; H 7,80), λ_{max}^{alc} 229 (4,865); 251 (3,82);



260 (3,72); 274 (3,765); 280 (3,77); 291 (3,67); 308 (2,945) et 322 (2,87) mμ. Picrate F 111-112° (alcool 95°) (tr. %, N 10,23); et le cyclohepténo-1.2 naphtalène (III, *n* = 2) F 40-41° (MeOH) ([6]) λ_{max}^{alc} 229 (4,87); 277 (3,66); 287 (3,70) et 323 (2,78) mμ. Picrate F 102° (alcool 95°) (tr. %, N 9,80).

Les tétra- et pentaméthylène-1.1 dihydro-1.2 naphtalènes (IV) ($\lambda_{max}^{alc} = 263$ mμ, log ε ≠ 4,0) sont obtenus à partir des tétra- et pentaméthylène-4.4 tétralones-1 [*cf.* ([7])] par réduction au moyen de l'hydrure d'aluminium et de lithium et déshydratation, par distillation, en présence d'iode. Ils conduisent aux dérivées naphtaléniques (III) par déshydrogénation au moyen de SeO_2.

Selon la méthode habituelle ([4]) l'indanone-1, traitée par l'iodure de méthyle en présence de tertiobutylate de potassium, conduit, avec un rende-

ment de 75 %, à la diméthyl-2.2 indanone-1 F 46-47° (éther de pétrole) $\lambda_{max}^{alc} = 244$ (4,13) et 288-292 mμ (3,45), DNP F 184° (benzène-alcool) (Tr. N % 16,47).

On a préparé de même la diéthyl-2.2 indanone-1 $\lambda_{max}^{alc} = 245$ (4,12) et 290-294 (3,39) mμ DNP F 165° (benzène-alcool) Tr. N % 15,27.

Par action de l'hydrure d'aluminium-lithium, on passe aux indanols correspondants que l'on déshydrate par le bisulfate de potassium. Il se produit un réarrangement qui donne naissance aux dialcoyl-2.3 indènes $\lambda_{max}^{alc} = 259$ (4,00) mμ. $É_{20} = 115°$ pour le diméthylé et $É_{0,5} = 92°$ pour le diéthylé.

La dialcoylation de l'indanone-1 a également été réalisée au moyen des dibromo-1.4 butane et 1.5 pentane (Rendement 50 %). La tétraméthylène-2.2 indanone-1 $\lambda_{max}^{alc} = 245$ (4,18) et 288-294 (3,40) mμ DNP F 208° (benzène) (Tr. N % 15,30) conduit au tétrahydro-1.2.3.4 fluorène F 58-59° (alcool) (8) $\lambda_{max}^{alc} = 260$ (4,18) mμ, puis par déshydrogénation au moyen de Pd/C, au fluorène F 112-113° (alcool) (8).

La pentaméthylène-2.2 indanone-1 F 58° (éther de pétrole-benzène) (Tr. C % 83,95; H % 8,02) $\lambda_{max}^{alc} = 245$ (4,175) et 288-294 (3,39) mμ DNP F 228-229° (benzène) (Tr. N % 14,66). Oxime F 187° (benzène), conduit de même ou cyclohepténo-2.3 indène $\lambda_{max}^{alc} = 260$ (3,76) mμ que l'on peut déshydrogéner en benzazulène-1.2 (9).

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) M. Mousseron, R. Jacquier et H. Christol, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1805.
(2) E. A. Braude et E. A. Evans, *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 3338.
(3) J. Jacques et H. B. Kagan, *Bull. Soc. Chim.*, 1956, p. 128.
(4) H. Adkins et J. W. Davis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2957.
(5) B. Belleau, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 1159.
(6) C. D. Gutsche et H. E. Johnson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 5933.
(7) R. T. Arnold, J. S. Buckley et R. M. Dodson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 3154; S. W. Fenton, R. T. Arnold et. H. E. Fritz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 5983.
(8) J. Colonge et J. Sibeud, *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 76.
(9) E. A. Braude et W. F. Forbes, *J. Chem. Soc.*, 1953, p. 2215.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Synthèse et identification d'un oxyde double de tantale et d'uranium.* Note de Mme **Madeleine Gasperin**, transmise par M. Charles Mauguin.

En chauffant un mélange de UO_2 et de Ta_2O_5, on obtient le composé $U_2Ta_2O_7$ identifié par son diagramme de rayons X. Il est cubique, faces centrées, de maille $a = 10,37$ Å.

En chauffant, aux environs de 1000°, au four à induction, un mélange

équimoléculaire de deux oxydes UO_2 et Ta_2O_5 pulvérisés, on obtient, parmi d'autres produits, une poudre blanche, isotrope en lumière polarisée.

Ce corps difficile à isoler et obtenu en quantité trop faible pour se prêter à une analyse chimique, a été identifié aux rayons X, par son cliché de poudre très voisin de celui du pyrochlore $(CaNaCeK)_2$ $(FeTaNb)_2O_6(OH, F)$. Aussi, peut-on supposer que ce composé répond à la formule $U_2Ta_2O_7$.

Son réseau cubique à faces centrées a pour arête $a = 10,37$ Å. En admettant, comme pour le pyrochlore, que la maille renferme $8U_2Ta_2O_7$, on calcule une densité de 11,24 g/cm³. La mesure de cette densité aurait permis de vérifier la formule chimique précédente. Malheureusement, il ne nous a pas été possible de l'effectuer, disposant de trop peu de matière.

Le pyrochlore fait partie du groupe structural type « koppite » $(R_2Q_2X_7)$ avec R = Ca, Ce, Na, K; Q = Nb, Fe; X = OH, F, du type structural Fd$3m$, et les positions des atomes du nouveau composé dans ce groupe seraient

16 Ta	1/8	1/8	1/8
16 U	5/8	5/8	5/8
$8O_I$	1/2	1/2	1/2
$48O_{II}$	x	0	0

En prenant, comme pour le pyrochlore $x = 0,20$, le calcul des facteurs de structure des atomes conduit à des intensités qui s'accordent avec les intensités observées, ce qui apporte un argument supplémentaire en faveur de la formule chimique attribuée.

Avec cette structure, chaque atome d'uranium est entouré de $2O_I$ tels que $U—O_I = 2,24$ Å, et de $6O_{II}$ tels que $U—O_{II} = 2,58$ Å. Chaque atome de tantale est entouré de $6O_{II}$: $Ta—O_{II} = 1,99$ Å. La distance particulièrement courte des trois atomes en ligne droite $O_I—U—O_I = 2,24$ Å montre que l'on a ici une liaison de covalence, et non une liaison ionique qui aurait rendu la formule $U_2Ta_2O_7$ invraisemblable.

Les raies caractéristiques de $U_2Ta_2O_7$ correspondent aux équidistances réticulaires (exprimées en Å) et aux intensités relatives suivantes :

6,01	3,13	2,99	2,60	1,99	1,836	1,757	1,56	1,50
ai	f	ti	ai	f	i	f	i	f
1,448	1,35	1,29	1,19	1,16	1,06	1,04	0,999	0,919
tf	tf	f	ai	ai	ai	tf	ai	tf
0,907	0,876	0,866	0,834	0,821	0,792	0,782	0,776	
tf	ti	i	tf	i	i	i	tf	

Les raies caractéristiques du pyrochlore correspondent aux équidistances suivantes ([1]) :

6,2	3,14	3,01	2,60	2,00	1,84	1,76	1,57	1,50	1,46	1,35
f	f	i	f	f	ti	f	ti	f	f	f
1,30	1,19	1,16	1,06	1,05	1,00	0,919	0,908	0,879	0,867	
f	i	i	i	f	i	f	f	ti	i	

(1) H. GAERTNER, *N. Jahr. F. Min.*, 61, Beil. Bd. Abt. A. 16, 1930.

GÉOLOGIE. — *Tectonique de la vallée de la Moselle entre Metz et Thionville.* Note de M. **Nicolas Théobald**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Entre Metz et Thionville, la Moselle a creusé sa vallée dans les couches du Lias. Vues dans leur ensemble, ces couches ont un pendage général du Nord-Est au Sud-Ouest. Les séries affleurant sur la rive Est de la Moselle ne dépassent pas le sommet du Charmouthien. Par contre sur la rive ouest les formations les plus anciennes datent du milieu du Charmouthien; le Lias moyen et supérieur y est couronné par la corniche calcaire du Jurassique moyen.

Le levé précis au 20 000e des marnes de Levallois, de la base du calcaire à *Echioceras raricostatum* et des couches à *spinatus*, utilisées comme horizons-repères, a permis l'établissement de cartes structurales dont l'ensemble dégage les constatations suivantes.

Au Nord, la faille de Kœnigsmacker limite le « fossé de Thionville ». Son rejet est de 300 m au Sud-Ouest de Kœnigsmacker, 120 m au Nord d'Illange. La faille n'a pas été suivie dans la traversée de la Moselle. Sur la rive gauche, on peut en voir le prolongement dans la faille de l'Orne, à rejet Sud-Est. Cette inversion a déjà été notée par L. Guillaume (1941).

Au Sud-Est de la faille de Kœnigsmacker s'étend le « palier de Kuntzig » (L. Guillaume, 1941), marqué par plusieurs ondulations transversales entre Valmestroff et Illange.

En se déplaçant vers le Sud sur la rive droite de la Moselle, on rencontre une série d'ondulations s'alignant dans le sens général du pendage d'ensemble des couches, c'est-à-dire de l'Ouest-Sud-Ouest à l'Est-Nord-Est. Les axes anticlinaux peuvent être relevés successivement : *a.* au Sud d'Imeldange; *c.* au Nord de Bousse, en direction de Haute-Guénange et Reinange; *e.* à Blettange; *g.* au Nord du château de Logne; *i.* de Rugy à Chelaincourt; *k.* de Mabroy à Vigy; *m.* de Chieulles à Sanry-les-Vigy.

Ils sont séparés par des dépressions synclinales passant : *b.* au Nord de Guénange; *d.* à la lisière Sud de Guélange; *f.* au Sud de Rurange; *h.* au Sud de Trémery; *j.* au Sud d'Argancy et de Chailly-les-Émery; *l.* sur l'alignement Charly-Méchy; *n.* au Nord de Villers-l'Orme, Failly.

Les déformations sont de très faible amplitude. Très exceptionnel-

lement, elles ont donné lieu à un style cassant. Ainsi le synclinal de Trémery se place dans le prolongement du fossé de Kirche-les-Luttange, fossé qui n'est visible que dans les séries résistantes formées par les calcaires du Lias inférieur; dès que l'accident aborde les séries marneuses, plastiques, du Lias moyen, le style cassant passe rapidement à un style souple, sans rupture.

La dépression synclinale de Trémery est la seule ondulation qui semble se prolonger sur la rive ouest de la Moselle. En son prolongement en effet, à la hauteur du moulin de Jailly, le sommet des couches à *spinatus* s'abaisse à l'altitude de 195 m, alors qu'il se place vers 215 au Sud de Rombas et vers 210 au Nord de Semécourt.

Mais il existe d'autres ondulations transversales sur la rive gauche de la Moselle. Une dépression synclinale peut être relevée au Nord de Woippy où les couches à *spinatus* s'abaissent à l'altitude 190 m Cette dépression synclinale se place sensiblement dans le prolongement de celle de Charly-Méchy sur la rive droite.

L'absence de niveau résistant, le pendage des couches et la fréquence de la couverture d'alluvions rendent l'analyse structurale de la rive gauche de la Moselle plus difficile que celle de la rive droite. Il est néanmoins possible d'affirmer que les déformations générales des couches du Lias sont moins accusées sur la rive gauche que sur la rive droite, c'est-à-dire que les déformations semblent s'atténuer de la base vers le sommet du Lias.

Cette constatation peut s'interpréter en considérant le cadre régional. La portion envisagée ici s'intercale en effet entre la faille de Metz au Sud-Est et celle de Kœnigsmacker au Nord-Ouest; plus loin encore se trouve la faille de Hettange-Grande. Lorsqu'on relève le pendage du plan de faille de ces accidents entre la base et le sommet du Lias, on constate que ces plans se rapprochent progressivement de la verticale. Le plan de la faille d'Hettange est de 45 à 60° dans les grès d'Hettange, il est subvertical à Hayange. Le plan de faille de la faille de Metz, très incliné au Nord-Est de Metz, se redresse au Sud-Ouest de cette ville.

Or, en fait, la région ici considérée est une zone affaissée entre la faille de Metz et la faille d'Hettange-Hayange. En raison du changement d'inclinaison du plan de faille, lors de l'affaissement, le serrage des couches a augmenté avec la profondeur.

L'amplitude des ondulations est faible, la déformation d'ensemble ne dépasse pas 1 %. Une telle déformation peut être expliquée par le simple affaissement des couches le long des accidents majeurs, le long de la faille de Metz, le long de la faille d'Hettange-Hayange, comme le long de la faille de l'Orne. En raison de l'inclinaison de leur plan de faille, ces affaissements comportent une composante horizontale assez importante.

Il ne semble donc pas nécessaire de faire intervenir des forces tangen-

tielles pour expliquer la structure de cette partie du bâti lorrain. Le tassement résultant de la mise en œuvre de forces verticales suffit à expliquer les faits observés.

Les ondulations directionnelles précédemment décrites dans les séries liasiques ne sont que des accidents locaux et superficiels. Par contre les failles de Metz et de Kœnigsmacker ont été suivies sur des distances considérables et jusque dans le socle primaire.

L'analyse précédente a montré que les contraintes résultant des déformations du socle s'atténuent progressivement dans les séries sédimentaires.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Influence des actions éoliennes sur la morphologie des rivages languedociens.* Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Des vents de terre régnants et dominants, soufflant perpendiculairement aux lignes de rivage, s'opposent au développement de systèmes dunaires importants; la déflation creuse des dépressions d'arrière-plage souvent transformées en étangs. Dans les régions où les mêmes vents font un angle plus faible avec la direction des plages, des systèmes dunaires longitudinaux ont tendance à se former.

Au Nord du Cap Leucate et jusque vers le Massif de la Clappe, le rivage languedocien est constitué par des plages de sable fin, basses, horizontales, très étendues, fréquemment inondées par les coups de mer du secteur Sud-Est. Les arrière-plages présentent de grandes dépressions souvent transformées en étangs plus ou moins temporaires, peu profonds et aux rivages instables. La quasi-inexistence ou le très faible développement des systèmes dunaires littoraux achèvent de caractériser un paysage dont la station de Gruissan, avec ses « cabanons » sur pilotis est un aspect humain pittoresque.

Les observations faites au cours de plusieurs campagnes successives, nous ont permis de découvrir les mécanismes naturels responsables de cette morphologie. Dans la région considérée, les sables des plages sont très fins; contenant une faible proportion de matériaux colloïdaux, ils sont plus ou moins thyxotropiques lorsqu'ils sont imprégnés d'eau. Ils doivent à cette propriété de devenir mouvants lorsqu'ils se sont accumulés très rapidement sans que le jeu des phénomènes naturels ait pu leur assurer une certaine compaction. Après des pluies violentes ou un coup de mer ayant recouvert les plages et lorsque soufflent les vents marins dont le degré hygrométrique est presque toujours très élevé, celles-ci restent très longtemps humides et les actions éoliennes qui seraient susceptibles de pousser les sables vers l'intérieur des terres, ne peuvent avoir qu'un rôle restreint.

Par contre, les vents continentaux violents et fréquents du secteur

Nord-Ouest, dont le degré hygrométrique est généralement très bas, provoquent un desséchement rapide des plages, amenant la formation d'une croûte durcie mais friable. Cette croûte se pulvérise facilement, libérant un stock sableux qui s'accroît rapidement par suite de l'érosion éolienne que produit sa mise en mouvement par le vent. En raison de la largeur des plages, les nappes sableuses ainsi entraînées tendent à s'organiser en complexes systèmes de barkhanes de vie très éphémère en raison de la direction du vent qui les pousse directement à la mer. La masse du sable qui y est ainsi rejetée est considérable; elle se joint au transit littoral, contribuant à la formation de talus de plage anormalement abrupts et plus ou moins mouvants. Ces intenses processus de déflation s'opposent évidemment à la formation de toute accumulation susceptible de donner naissance à la formation de systèmes dunaires permanents tant soit peu importants et ils donnent l'explication du fait que, dans la zone considérée, l'altitude des plages ne dépasse que de très peu le niveau moyen de la mer.

Lors des coups de vent de mai 1956, les témoins laissés par les actions éoliennes permirent de constater que la déflation pouvait produire un creusement atteignant parfois 30 cm et probablement davantage, prolongeant son action jusqu'aux couches humides sous-jacentes. Tantôt envahies par la mer, lors des coups de vent du secteur Sud-Est, tantôt inondées à la suite de pluies violentes, les dépressions qui prennent ainsi naissance, sont à l'origine des étangs d'arrière-plage dont les actions marines ne sauraient expliquer l'apparition. Les mécanismes naturels qui provoquent leur formation rendent bien compte de leur faible profondeur, de la grande variabilité de leurs rivages, ainsi que de la reconstitution plus ou moins périodique de ceux qui peuvent disparaître par simple dessèchement ou, plus rarement, par comblement éolien. La quasi-permanence ou la lenteur du desséchment de certains d'entre eux s'expliquent probablement par le fait qu'ils ont été assez creusés pour atteindre le niveau de la nappe aquifère plus ou moins saumâtre imprégnant les sables de ces plages basses.

Des phénomènes analogues s'observent plus au Nord, au voisinage du delta du Rhône, mais les vents de terre y soufflent généralement dans une direction faisant un angle beaucoup plus faible avec les lignes de rivage. Les barkhanes peuvent y effectuer un parcours beaucoup plus considérable et, assez fréquemment, nous avons pu observer *leur transformation progressive en dunes longitudinales* par allongement de l'une de leurs pointes. Ce dernier phénomène joue probablement un rôle considérable dans la genèse des systèmes dunaires longitudinaux relativement stables et vite fixés par la végétation qui, en beaucoup d'endroits, bordent du côté de terre, la partie submersible des plages, donnant un paysage très différent de celui de la zone précédemment étudiée.

Les actions éoliennes semblent donc jouer un rôle essentiel dans la morphologie des plages de sable fin de la côte languedocienne. On remarquera que le creusement des étangs d'arrière-plage sous l'effet de la déflation, constitue comme une sorte d'expérience naturelle en modèle réduit, dont les résultats sont en faveur de la théorie (actuellement contestée) qui attribue à la déflation l'origine de certaines dépressions désertiques (1). La similitude va d'ailleurs assez loin, car les étangs d'arrière-plage de la côte languedocienne, ont parfois une existence assez longue pour qu'une sédimentation vaseuse fine, de caractère laguno-limnique, puisse s'y établir.

(1) J. Walther, *Abh. d. math. phys. Cl. d. K. Sächs. Ges. d. Naturw.*, 16, Leipzig, 1891, p. 345-569.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Modalités du ruissellement saharien et granulométrie des sables (Saoura, Monts d'Ougarta).* Note de Mlle **Henriette Alimen** et Mme **Marguerite Palau**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude granulométrique des sables quaternaires du Sahara nord-occidental nous semble susceptible de caractériser non seulement la variation de la sédimentation au cours des temps quaternaires en cette région (1) et l'existence de plusieurs types éoliens (2), mais encore les diverses modalités du ruissellement au Sahara.

1° *Ruissellement en nappe :*

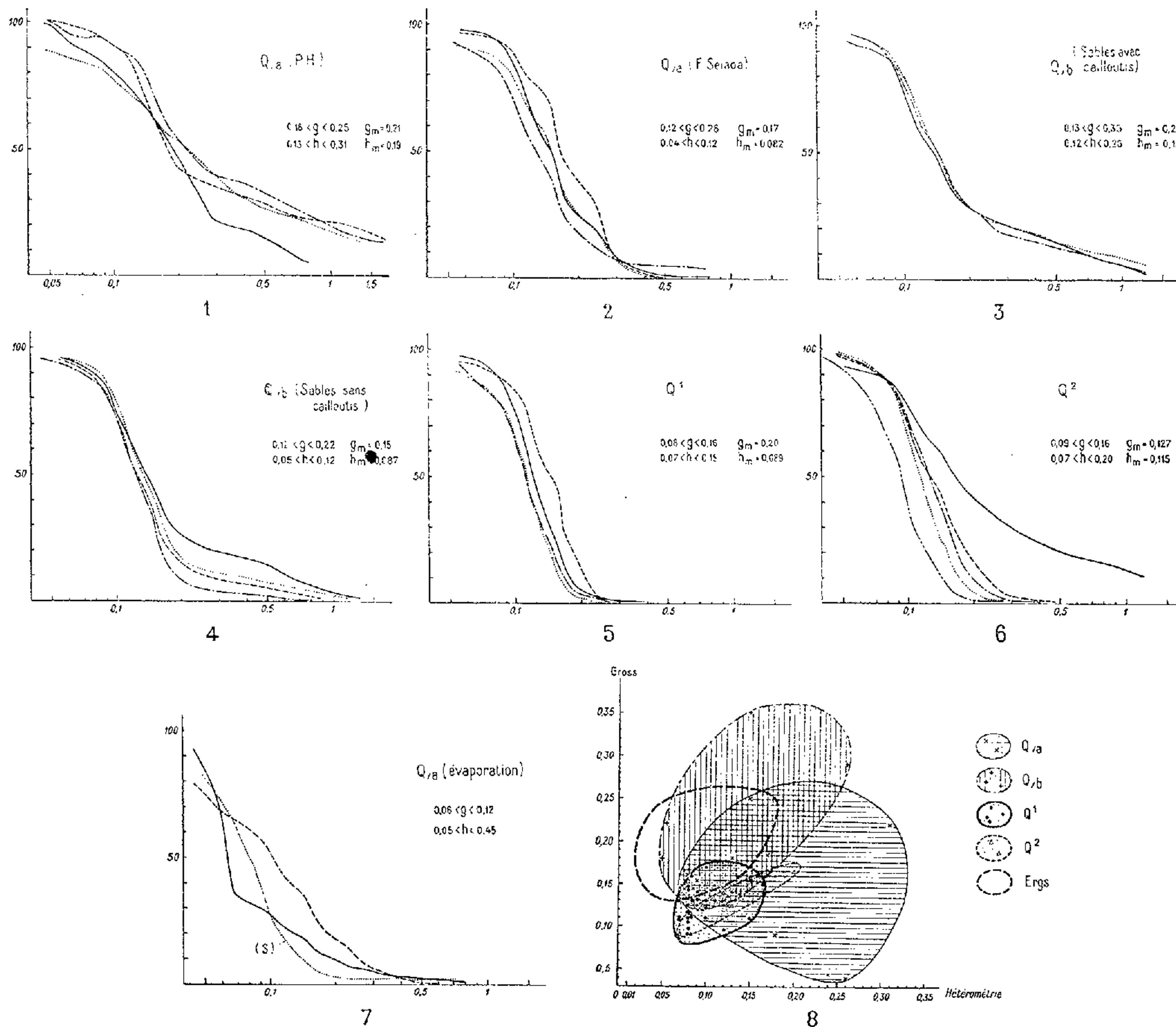
Aux grands écoulements en nappe qui caractérisent les débuts du Quaternaire saharien sont liés d'une part, les formations de la *Petite Hamada*, accumulées dans de larges cuvettes ceinturant les massifs anciens, d'autre part, les vastes épandages de *sables gris* qui forment le soubassement du Grand Erg, vers sa lisière occidentale (3), ceux-ci évoquant des nappes d'eau sans doute peu épaisses, ayant eu un léger écoulement Nord-Sud en rapport avec la pente générale de la surface hamadienne sur laquelle ils reposent.

Les sables de la Petite Hamada, si nous en exceptons, pour le moment, les couches supérieures, sont relativement riches en gros grains et sont mal classés (grossièreté et hétérométrie assez fortes). Ils se chargent d'ailleurs à plusieurs niveaux de galets (influence du piedmont proche). Les sables gris formant le soubassement de l'erg, très éloignés du piedmont atlasique, ont une grossièreté plus faible. Ils sont beaucoup mieux classés (faible hétérométrie), ce qui s'explique par le léger écoulement des nappes, et par des remaniements éoliens possibles aux divers moments du dépôt. Mais, dans l'un comme dans l'autre cas, les courbes cumulatives (*fig.* 1 et 2) sont fortement sinueuses. L'existence de plusieurs maxima, tous bien accentués, ainsi que la grande variabilité de la grossièreté et de l'hétérométrie (*fig.* 8), paraissent caractériser les écoulements en nappe.

2° *Ruissellements du type oued :*

Les écoulements canalisés (1) apparaissent dès le premier Pluvial (conglomérats et grès Q_{1a}); ils sont la règle au deuxième Pluvial (sables et conglomérats Q_{1b}), au troisième Pluvial (sables gris-vert Q^1), ainsi qu'à la dernière phase humide (sables ocre avec quelques cailloutis Q^2).

Les sables du Quaternaire ancien Q_1 mêlés à des galets et des blocs, contiennent encore assez de grains grossiers, et sont assez mal classés (*fig.* 3); cependant la sédimentation comporte, entre les couches à galets et blocs, des intercalations purement sableuses, de grossièreté plus faible, et surtout d'hétérométrie beaucoup moindre (*fig.* 4), qui paraissent indiquer des interventions éoliennes sporadiques.



N. B. — Les valeurs numériques correspondent à de nombreuses courbes dont on n'a figuré qu'un petit nombre dans chaque cas.

Les sables Q^1 du troisième Pluvial, non mêlés de cailloux, de caractères macroscopiques remarquablement constants, sont nettement plus fins que les précédents et de faible hétérométrie. Des remaniements éoliens y paraissent contemporains du dépôt dans la totalité de sa masse, et l'on ne peut qu'évoquer des crues constamment coupées de périodes d'assèchement (*fig.* 5).

Les sables Q^2 de la dernière phase humide ne s'éloignent guère de ceux du lot précédent, dans lesquels l'oued du Q^2 s'est encaissé, et qu'il a remaniés (*fig.* 6).

Les sables d'oueds se différencient des sables de nappes par une plus grande homogénéité de leur ensemble, qui va s'accentuant du Quaternaire ancien au Quaternaire récent (*fig.* 8), et par le fait que les sinuosités des courbes cumulatives sont à peine accusées (tendance à la prédominance forte d'un seul maximum).

3° *Assèchement des nappes ou des oueds.* — Les nappes du Quaternaire ancien se sont évaporées sur place dans les bassins de la Petite Hamada en donnant, au sommet de la formation, des *sables gypseux*. Ailleurs, elles se sont fragmentées en un véritable lacis de canaux et de cuvettes, repérables aujourd'hui par des dépôts en « fond de bateau », comme incrustés dans les dépôts antérieurs (notamment dans les « sables gris »); ils sont constitués d'un *sable argileux* cohérent, à aspect de marne. Les eaux d'oued se sont accumulées dans des dépressions, dénommées *sebkha*, et s'y sont évaporées en donnant des sables argileux ou gypseux. Tous ces sables (*fig.* 7) sont donc caractérisés par l'association, au quartz détritique, d'une proportion importante d'argile ou de gypse (sables à deux constituants d'importance comparable).

Conclusions. — 1° Les courbes granulométriques correspondant à un même type de ruissellement présentent une réelle parenté, malgré des conditions géographiques très différentes (oued Saoura, depuis Igli jusqu'à Kerzaz, ou très petits oueds des Monts d'Ougarta; bassins versants sur la Hamada pliocène, ou sur des affleurements primaires). On est donc fondé à se demander si l'allure des courbes n'est pas principalement conditionnée par le type du ruissellement et les facteurs climatiques qui le régissent.

2° Quel que soit le Pluvial auquel ils se rapportent, les sables de notre région portent l'empreinte d'une certaine aridité, épisodique seulement dans les dépôts du Quaternaire ancien du deuxième Pluvial, mais très accusée pendant toute la durée de la sédimentation du troisième Pluvial.

3° Trois familles de courbes cumulatives peuvent être mises respectivement en relation avec : les écoulements en nappe, les écoulements canalisés du type oued, et l'évaporation des nappes. Cependant, toutes ces courbes sahariennes forment un ensemble, dont la relative homogénéité s'oppose à la grande variabilité des granulométries du ruissellement en pays tempéré.

4° Ces nouvelles observations granulométriques confirment [4] qu'au cours des phases successives du Quaternaire on assiste à une décroissance progressive de l'agressivité des agents destructeurs, bien marquée sur le diagramme de corrélation grossièreté-héterométrie (*fig.* 8).

(1) H. Alimen et D. Fenet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1231.

(2) H. Alimen et D. Fenet, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1954, p. 183-185.

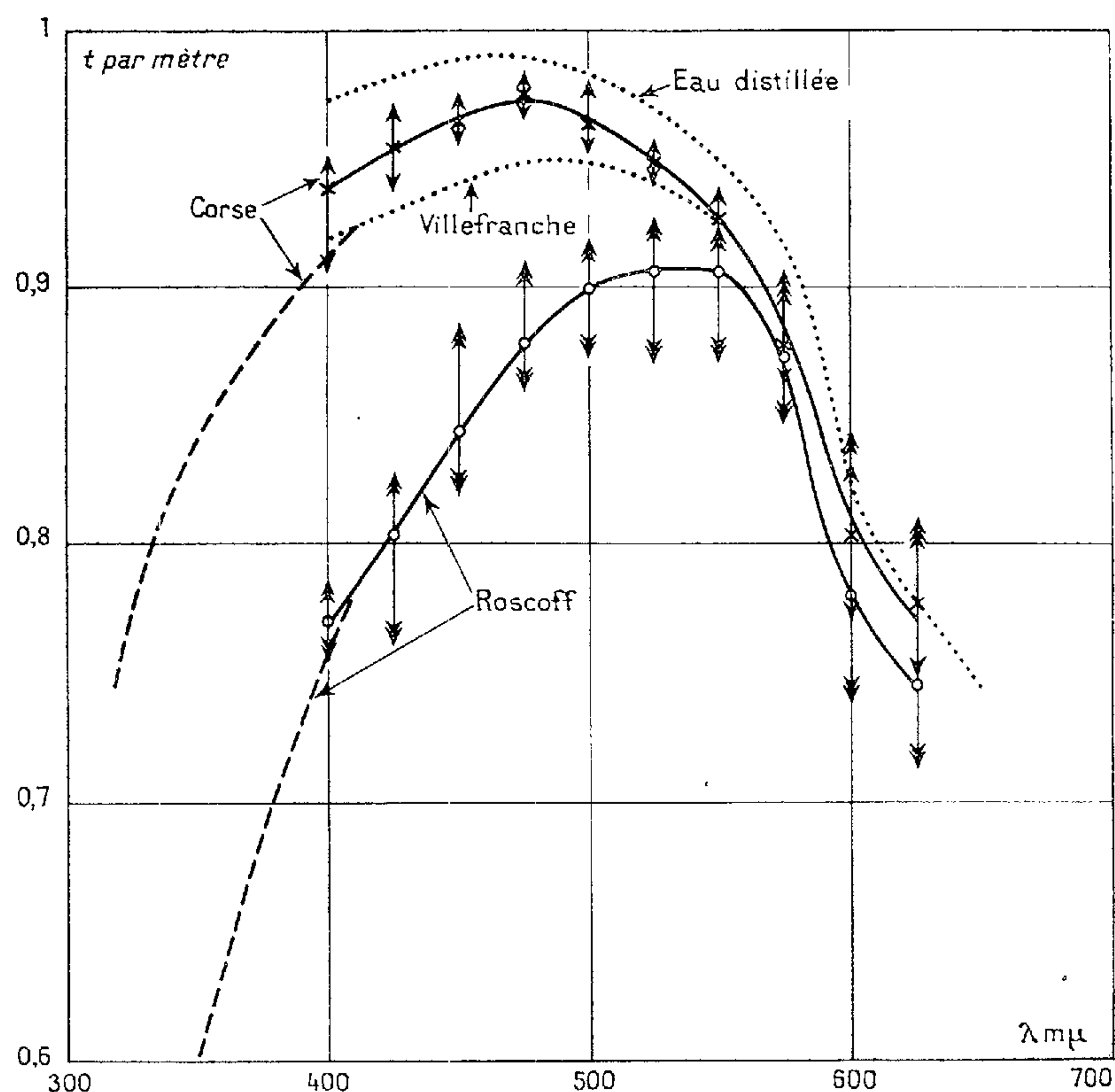
(3) J. Chavaillon, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1956, p. 142-145.

(4) H. Alimen, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1652.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Au sujet des propriétés optiques de l'eau de mer à Roscoff et en Corse.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Louis Fage.

Sur la côte Ouest de la Corse, le coefficient d'extinction de l'eau de mer diffère peu de celui des eaux océaniques les plus limpides. A Roscoff, il augmente dans un rapport qui n'est que de 1,15 pour les longueurs d'onde supérieures à 550 mμ, mais qui croît rapidement dans le bleu et dans le violet, où il dépasse 4,5.

Nous avons mesuré le coefficient d'extinction de l'eau de mer d'une part à Roscoff (à l'îlot du Paradis, en août 1956, par beau temps, ciel sans nuages, à l'étale de basse mer) et d'autre part sur la côte Ouest de la Corse (à l'îlot Palazzo et dans la baie d'Ajaccio, en septembre 1956, par beau temps, ciel



sans nuages), à l'aide d'un spectrographe manié en scaphandre autonome, suivant une méthode déjà utilisée antérieurement dans la rade de Villefranche ([1]), ([2]). Les deux courbes en trait plein de la figure 1 traduisent la moyenne des résultats obtenus (sur une série de quatre mesures à Roscoff, et sur deux séries de quatre mesures chacune en Corse), exprimée en facteur de

transmission par mètre d'eau, $t = \Phi/\Phi_0 = e^{-\gamma}$ (où γ est le coefficient d'extinction). Les barres verticales indiquent la dispersion des mesures. A titre de comparaison, on a figuré en ponctué le facteur de transmission de l'eau distillée [moyenne des résultats obtenus par Clarke, James et Birge ([3])], et celui obtenu antérieurement par l'auteur dans la rade de Villefranche ([1]), ([2]). Enfin, on a indiqué en trait discontinu les résultats obtenus dans l'ultraviolet par Mlle J. Lenoble, à Roscoff ([4]) et en Corse ([5]).

On voit que sur la côte Ouest de la Corse le facteur de transmission par mètre d'eau atteint 0,97 à 475 mμ, alors que pour les eaux océaniques les plus limpides (Mer des Sargasses et Méditerranée orientale) N. G. Jerlov a trouvé 0,98 ([6]). Si l'on compare les eaux corses à celles de Roscoff, l'augmentation de turbidité est relativement faible dans le rouge, l'orangé, le jaune et le début du vert, mais croît rapidement dans le bleu et dans le violet, pour rester semble-t-il approximativement constante dans l'ultraviolet. Les phénomènes présentent la même allure, mais à un degré moindre, si l'on compare les eaux corses à celles de la rade de Villefranche, pratiquement identiques pour les longueurs d'onde supérieures à 550 mμ, mais nettement différentes dans le bleu et dans le violet. Il ressort de tout cela que d'une eau de mer à une autre les variations de transparence se font sentir principalement dans les courtes longueurs d'onde, ainsi que l'a déjà indiqué Jerlov ([6]).

On sait par ailleurs qu'il faut distinguer coefficient d'extinction et coefficient d'absorption totale ([2]). Nous avons mesuré ce dernier à Roscoff, simultanément avec le coefficient d'extinction, par la méthode de l'écran noir ([7]), photographié à l'horizontale à 2,50 m de distance, par 7 m de profondeur, à travers différents filtres à bande étroite. Le tableau suivant traduit les résultats moyens obtenus sur une série de quatre mesures :

Filtre utilisé.	(*).	(**).	(***).
Kodak bleu n° 75 (longueur d'onde dominante : 488 mμ).	0,75	0,54	0,58
Kodak vert n° 74 (539 mμ)...	0,69	0,47	0,63
Kodak jaune-vert n° 22 + n° 58 (environ 570 mμ)..........	0,71	0,49	0,61
Sans filtre..................	0,69	0,47	0,63

(*) Rapport de la luminance du voile de diffusion obtenu devant l'écran noir à celle de la pleine eau.
(**) Coefficient népérien d'absorption totale.
(***) Coefficient d'absorption totale traduit en facteur de transmission par mètre d'eau.

Pour ces eaux très diffusantes, le coefficient d'absorption totale est en moyenne 4,4 fois plus grand que le coefficient d'extinction. Il nous a été impossible de faire une mesure analogue dans les eaux corses, la luminance du voile de diffusion obtenu devant l'écran noir étant trop faible, même pour une distance à l'écran égale à 5 m.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1612.

(2) A. Ivanoff, *Ann. Géophys.*, 12, 1956, p. 32.

(3) G. L. Clarke et H. R. James, *J. Opt. Soc. Amer.*, 29, 1939, p. 43.

(4) J. Lenoble, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 668.

(5) Résultats encore non publiés.

(6) N. G. Jerlov *Optical Studies of Ocean Waters*, Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition 1947-1948. Il convient de remarquer que le coefficient d'extinction mesuré par Jerlov n'est pas absolument identique au nôtre, l'angle de champ du récepteur n'étant pas le même. Néanmoins ils sont probablement très voisins l'un de l'autre.

(7) *Voir* par exemple A. Ivanoff, *Ann. Géophys*, 12, 1956, p. 40. Notre écran noir était constitué par un trou de 20 cm de diamètre percé dans la paroi d'une boîte creuse peinte en noir.

HISTOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence de la coniférine et de la syringine sur les processus de lignification dans les cultures de tissu cambial de deux essences ligneuses.* Note de M. **Fernand Barnoud**, présentée par M. René Souèges.

Du tissu cambial de Lilas et de Rosier, entretenu en culture depuis plusieurs années, a été placé sur des milieux contenant des glucosides précurseurs de la lignine, coniférine et syringine. L'influence sur la lignification de ces tissus a été déterminée du point de vue biochimique et morphologique.

Von Waeck (1), utilisant les données établies par Freudenberg sur le rôle de la coniférine dans la lignification des Gymnospermes (2), a mis en évidence le rôle lignifiant de ce glucoside sur des tissus de Carotte cultivés *in vitro*, le degré de lignification étant apprécié par la réaction à la phloroglucine chlorhydrique. Nous avons pensé qu'il serait intéressant de préciser l'influence de la coniférine et d'un glucoside voisin, la syringine, sur des tissus d'essences ligneuses, d'origine cambiale. Afin d'éliminer toute influence possible des réserves apportées par l'explantat, nous nous sommes adressé à des tissus entretenus en culture pendant plusieurs années.

Nous avons choisi pour ces expériences deux souches très différentes cultivées jusqu'ici sur le milieu de base de P. Nobécourt (3) gélosé à 12 ‰ et glucosé à 2 %. Il n'y a pas d'apport de substances de croissance, ces tissus étant autonomes dans leurs besoins en auxines.

Ces deux souches sont : A. Tissus de Lilas (*Syringa vulgaris*) isolés par nous-même en 1953 (4). Ces tissus sont chlorophylliens et sont caractérisés par le fait qu'ils contiennent en nombre à peu près constant des cellules ligneuses groupées en nodules ou isolées. Étudiée par la méthode des réactions colorées, la lignification de ces cellules paraît identique à celle du bois normal de la tige, les réactions à la phloroglucine, à la résorcine, les réactions de Mäule et de Combes étant positives. En outre, des îlots

de cellules parenchymateuses ont leurs membranes imprégnées d'une substance dont les réactions colorées susnommées sont également positives. — B. Tissus de Rosier (*Rosa Wichuraiana*) provenant de la souche P. Nobécourt [5]. Ces tissus ne sont pas chlorophylliens et sont formés par un parenchyme homogène. Cette souche était particulièrement intéressante pour ces expériences puisqu'elle a perdu depuis plusieurs années le pouvoir d'élaborer des cellules ligneuses. Cependant des observations histologiques montrent qu'elle a gardé un certain pouvoir de lignification. Comme pour les tissus de Lilas, des îlots de cellules parenchymateuses présentent une réaction positive à la phloroglucine, les réactions de Mäule et de Combes, la réaction à la résorcine étant par contre négatives.

La coniférine a été extraite du cambium de Sapin et la syringine à partir de l'écorce de branches de Lilas, suivant la méthode de H. Hérissey [6]. L'identification de ces glucosides a été réalisée par leur point de fusion, les réactions colorées avec les acides et par chromatographie avec des produits de référence. Ils ont été introduits à la dose de 1 ‰ par dissolution dans la solution gélosée chaude.

Les souches de Lilas et de Rosier sont cultivées sur coniférine depuis octobre 1954 et sur syringine depuis novembre 1955 (tissus de Lilas seulement). La présence de ces glucosides ralentit fortement la croissance des tissus et modifie sensiblement la proportion de substance sèche caractéristique des deux souches : tissu de Lilas sur Knop, siccité 6,8 %; sur syringine, 8,30 %; sur coniférine, 8,60 %; tissus de Rosier sur Knop, siccité, 4,50 %; sur coniférine, 7 %.

L'influence sur la lignification des tissus a été étudiée du point de vue biochimique sur les membranes, après entraînement des polysaccharides hydrosolubles, par la détermination de la fraction soluble au chlorite de sodium (« lignine-chlorite ») et par celle de leur teneur en méthoxyles. Les diverses opérations analytiques ont été réalisées suivant la méthode préconisée par Jermyn [7]. Les valeurs établies sont les moyennes obtenues dans deux séries de mesures.

Tissus de Lilas. — La fraction soluble au chlorite est de 36 % pour la souche Knop, 37 % pour la souche syringine, et 33 % pour la souche coniférine. La teneur en méthoxyles est respectivement de 3,30, 3,55 et 3,85%, ce qui correspond à une « lignine » à 9,20 % de OCH_3 pour la souche Knop, 9,70 % pour la souche syringine et 11,6 % pour la souche coniférine. L'enrichissement est donc faible sur syringine mais notable sur coniférine.

Tissus de Rosier. — La proportion de « lignine » soluble au chlorite est de 23 % pour la souche Knop et de 28 % pour la souche coniférine, Les membranes dépectinées ont une teneur en méthoxyles de 1,5 % dans le cas de la souche Knop et de 4,1 % dans le cas de la souche coniférine,

ce qui correspond à une « lignine » à 6,50 de OCH_3 dans le premier cas et 14,6 % dans le second. Les tissus de la souche Knop ne contiennent donc qu'une forme très imparfaite de lignine. Cette forme s'enrichit beaucoup sous l'influence du glucoside.

Du point de vue morphologique, la présence de ces glucosides n'influence pas le nombre des éléments lignifiés différenciés dans les tissus de Lilas, et, fait important, aucune cellule ligneuse ne se forme dans les tissus de Rosier. Par contre, on observe dans les deux cas une forte extension des zones de fixation du complexe à caractère de lignine sur les membranes cellulosiques.

Conclusion. — Dans les cas étudiés, l'apport de coniférine ou de syringine ne modifie pas les processus de différenciation des cellules ligneuses. Il se traduit par un enrichissement de la molécule de lignine synthétisée par les tissus. Cet enrichissement est relativement faible dans le cas de tissus qui ont conservé en culture la faculté d'organisation d'éléments lignifiés et important dans le cas de tissus qui ont perdu cette faculté.

(1) A. V. WACEK, O. HARTEL et S. MERALLA, *Holzforschung*, 7, 1953, p. 58-62.
(2) K. FREUDENBERG et F. BITTNER, *Chem. Ber.*, 86, 1953, p. 155.
(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 521.
(4) *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2008.
(5) *Bull. Soc. bot. Suisse*, 65, 1955, p. 475.
(6) *J. Pharm. Chim.*, Paris, 16, 1932, p. 513.
(7) *Modern Methods of Plant Analysis*, 2, 1955, p. 197-204.

PALYNOLOGIE. — *Sur un pollen du Lias inférieur.*

Note (*) de M. **ARMAND PONS**, transmise par M. Louis Emberger.

Découverte, dans le Lias inférieur du Bassin de Paris, d'un pollen pourvu de trois sillons et de crêtes longitudinales. Description et essai d'interprétation.

L'analyse palynologique d'une marne noire du Lias inférieur, provenant de Saint-Rémy-du-Plain (Sarthe), nous a révélé un pollen dont nous essaierons d'interpréter les caractères après l'avoir décrit.

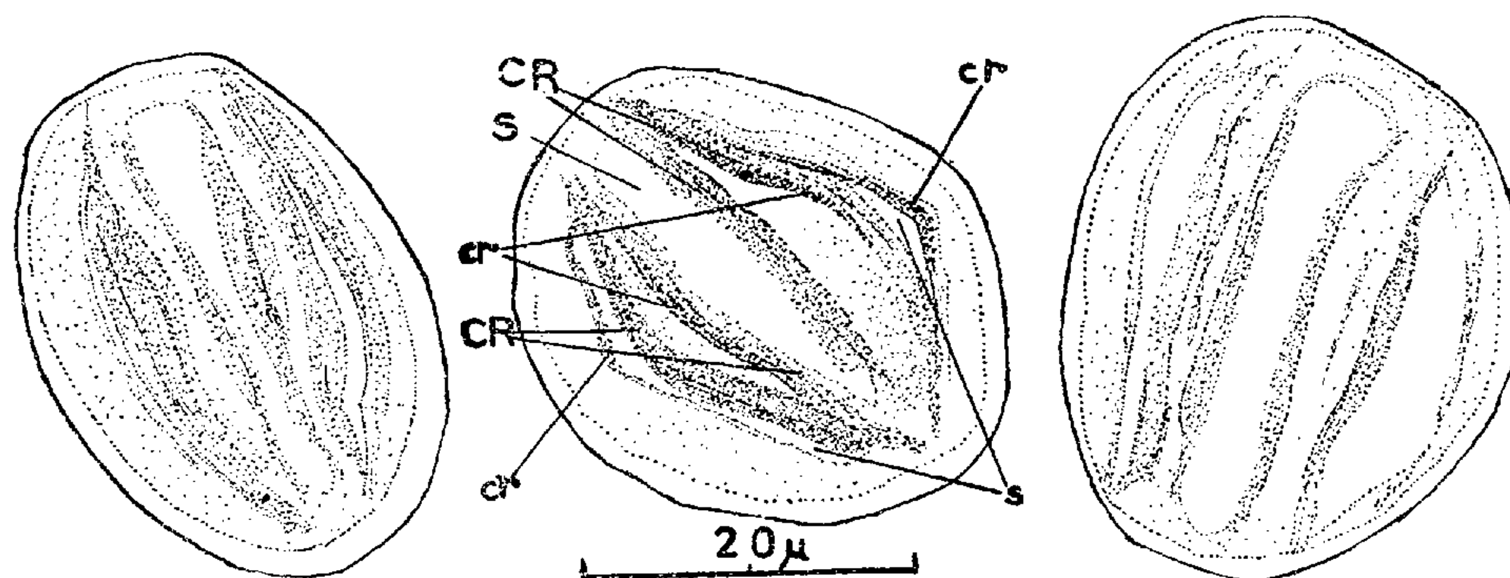
Il s'agit d'un pollen pourvu d'un grand sillon et de deux sillons moins importants, qui présente quatre fortes crêtes et quatre crêtes moindres; son exine est indifférenciée.

Le grand axe mesure de 33 à 40 μ, le diamètre, dans le plan perpendiculaire au grand axe varie de 23 à 30 μ.

Un des trois sillons (S) est plus grand (28 à 33 μ contre 23 à 31 μ pour les deux autres), plus large, et ses extrémités sont arrondies. Les deux sillons plus petits (s), terminés en pointe, se présentent comme de longues et minces déchi-

rures. Enfin, la distance entre les deux petits sillons est plus courte, d'un tiers environ, que celle qui sépare chacun de ceux-ci du grand : il n'y a aucune symétrie radiale.

Des quatre fortes crêtes longitudinales (CR), deux longent le grand sillon, sauf à ses extrémités arrondies; les deux autres, situées entre les deux petits sillons, bordent chacun d'eux sur un côté. La largeur de ces crêtes varie de 1,5 à 3 μ : elles intervenaient dans la régulation du volume du grain vivant.



Quatre autres crêtes moins importantes (cr) ont une largeur de 1 μ environ. Deux, toujours apparentes, longent les petits sillons. Les deux autres, moitié moins longues et visibles dans deux cas sur trois seulement, sont situées entre les petits sillons et le grand.

L'exine, épaisse de 1,8 μ, ne présente aucune structure ni sculpture; les sillons apparaissant seulement plus clairs.

Comment interpréter ce pollen dont on ignore la plante et la tétrade qui l'ont produit ?

Sa genèse, à partir du pollen des groupes existant avant le Lias, peut fort bien s'inscrire dans la « modification, la protection ou l'élimination du sillon ventral grand ouvert » qui, selon Wodehouse (1), résume l'essentiel de l'histoire du pollen des plantes supérieures. En effet, l'apparition de crêtes longitudinales, s'ouvrant plus ou moins, a été l'un des mécanismes qui ont permis au pollen d'assurer la régulation de son volume avec les variations de l'humidité ambiante, lors de l'effacement du sillon ancestral, héritage des *Cycadales*, *Cordaïtales* ou *Ginkgoales*. Mais la naissance de ces crêtes n'est pas allée sans créer une tension à la surface du pollen qui a pu se distendre au pied des crêtes les plus importantes, ou des plus proches du contact avec les autres grains (dans une tétrade cruciée). Ainsi serait apparu notre pollen, muni de crêtes longitudinales, monosulqué et pourvu de deux sillons ventraux.

Il est d'abord à remarquer que le premier mécanisme a pu directement, à partir du type de structure ayant immédiatement précédé notre fossile, réaliser la série des types de structure des Chlamydospermées. Les crêtes, de plus en plus importantes, ont d'abord laissé subsister un sillon presque virtuel

(*Welwitchiales*) pour le faire disparaître ensuite dans presque tous les cas (*Éphédrales*).

Mais, d'autre part, quelle signification accorder à l'étrange « tricolpie » obtenue après intervention du second mécanisme compensateur ?

1. On peut d'abord penser ([2]) qu'il s'agit simplement d'un essai abbérant, sans résultat, de la nature pour parvenir à un type de structure analogue (trois sillons), mais différent (un sillon est sulcal, donc monocotyloïde ou gymnospermien, les deux autres bien que ventraux ne sont pas dicotyloïdes, car ils ne sont pas méridiens), de celui des pollens tricolpés des Angiospermes. Notre fossile n'est alors qu'un témoin de plus de la multiplicité des tendances orientées vers les Angiospermes au moment de la genèse de celles-ci.

2. Au contraire, on peut supposer que les simples déchirures que nous avons observées ont prévalu et, dans une série parallèle à celle qui se dirigeait vers les Chlamydospermées, sont parvenues à éliminer les crêtes. Celles-ci disparues, les deux sillons proximaux, devenus plus importants, se sont écartés l'un de l'autre par un jeu naturel d'équilibre : le type actuel du pollen de certaines Angiospermes était réalisé.

Cette deuxième hypothèse implique évidemment une tétrade en croix pour ces Angiospermes, dont les apertures ne seraient pas méridiennes. Seule l'étude extensive des tétrades permettrait de vérifier s'il existe de tels pollens d'Angiospermes. *A priori*, le mécanisme de l'induction des apertures les ferait rechercher parmi les pollens fusiformes.

Le fossile mis à jour au Lias inférieur est donc un pollen de Gymnosperme qui présente un type de structure pro- ou paraangiospermien, s'insérant dans la série de ceux des Chlamydospermées.

(*) Séance du 15 octobre 1956.

([1]) *Bot. Review*, 2, n° 2, 1936, p. 70.

([2]) M. Chadefaud, *in litt.*

EMBRYOGÉNIE VÉGETALE. — *Orchidacées. Les lois du développement chez le* Neottia Nidus-avis *Rich.* Note (*) de Mlle **Yvonne Veyret**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon du *Neottia Nidus-avis* est tout particulièrement rudimentaire ; il procède d'une tétrade en A_1 d'où dérivent des formes à huit et seize cellules, conservant l'aspect globuleux. Dans la graine adulte, il comporte quatre étages paucicellulaires ; il n'y a pas de suspenseur.

P. Dumée ([1]) passe pour être le premier à avoir fait des observations sur l'embryon du *Neottia Nidus-avis* Rich. Mais son travail est illustré de deux figures seulement, l'une se rapportant à l'embryon bicellulaire, l'autre à un

stade plus avancé dans lequel l'auteur distingue un suspenseur réduit à une seule cellule.

J. Modilewski ([2]), en 1918, ne semble avoir envisagé, d'après K. Schnarf ([3]), que la sac embryonnaire de la Néottie.

Chez le *Neottia Nidus-avis*, la première segmentation est transversale et sépare l'œuf en deux cellules, cellule apicale *ca* et cellule basale *cb* (*fig.* 1). Un cloisonnement longitudinal de ces deux éléments forme une tétrade globuleuse de la catégorie A_1 ([4]), avec ses deux étages bicellulaires : *ca* et *cb* (*fig.* 2). De nouvelles cloisons longitudinales donnent quatre cellules quadrants en *ca* et quatre cellules en *cb*. Le proembryon de troisième génération est donc

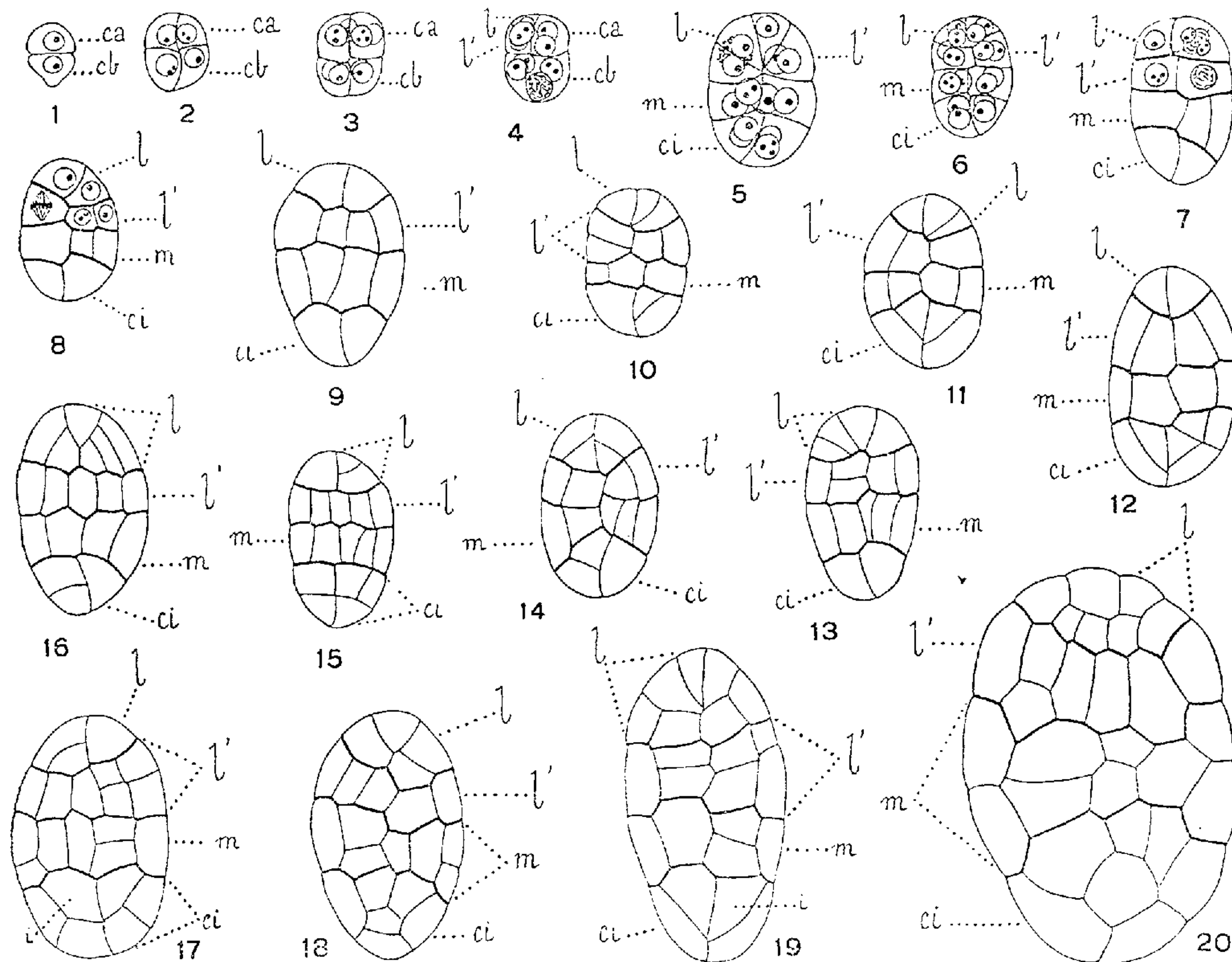


Fig. 1 à 20. — *Neottia Nidus-avis* Rich. Les différents stades du développement de l'embryon. — *ca* et *cb*: cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci* : cellule intermédiaire et cellule inférieure de la tétrade; *l* et *l'* : octants supérieurs et octants inférieurs; *i* cellules-filles intérieures de *ci*. G = 135.

octocellulaire (*fig.* 3). Ces éléments se segmentent à leur tour suivant des cloisons anticlines à direction horizontale (*fig.* 4, 5) et font apparaître, à la quatrième génération, un proembryon hexadécacellulaire formé de quatre étages : un étage *l* d'octants supérieurs, un étage *l'* d'octants inférieurs et les étages *m* et *ci* (*fig.* 6).

Les octants supérieurs *l* se divisent ultérieurement suivant des cloisons anticlines à direction horizontale (*fig.* 7, 10, 11, 15, à droite, 13, 18, à gauche) ou quelquefois, mais plus rarement, suivant des cloisons périclines (*fig.* 14, 16 et 17 à gauche, 18 à droite). Des cloisons tangentielles apparaissent ensuite dans les cellules de l'étage *l* voisines de *l'* (*fig.* 16

à droite, 19). Deux assises cellulaires sont ainsi constituées que l'on retrouve dans le proembryon de la graine mûre (*fig.* 20).

Dans les octants inférieurs *l'*, les divisions procèdent suivant des parois verticales (*fig.* 8 à 18), elles sont suivies de cloisonnements transversaux (*fig.* 13, 17, 19). Les cloisons transversales peuvent apparaître très tôt, dans ces octants (*fig.* 10). Toutefois, toutes les cellules ne se cloisonnent pas transversalement, comme on le voit dans l'embryon adulte (*fig.* 20).

L'étage *m* se divise de la même manière que l'étage *l'*, par segmentations longitudinales (*fig.* 7 à 16) puis transversales (*fig.* 17 à 19); mais tous les éléments ne se divisent pas transversalement pour constituer deux assises cellulaires complètes dans la graine mûre.

Dans l'étage *ci*, les nouveaux éléments sont isolés par des cloisons tangentielles (*fig.* 10, 11, 12, 14, 19) : ceux qui se trouvent à l'extérieur, par suite de ce premier cloisonnement, peuvent se segmenter radialement une fois (*fig.* 17, 18, 20). Quelquefois les premières parois sont anticlines à direction horizontale (*fig.* 15, 16). Les cellules intérieures (*i*) (*fig.* 17, 19) se segmentent verticalement puis transversalement. Cet étage est ainsi finalement constitué, dans la graine adulte, d'une assise périphérique entourant un groupe de quelques cellules.

Les blastomères ainsi formés ne se divisent plus, mais leurs dimensions se sont notablement accrues dans le proembryon de la graine mûre (*fig.* 20). Ce proembryon est particulièrement rudimentaire; il ne possède qu'un petit nombre de cellules, mais on peut très bien suivre leur séparation en quatre étages fort nets.

On peut encore noter une importante différence de taille dans des proembryons qui sont sensiblement du même âge (*fig.* 5 et 6, 9 et 10 par exemple). Ce fait pourrait être dû à des variations de nutrition, les cellules s'accroissant davantage dans des conditions plus favorables.

L'embryogénie du *Neottia Nidus-avis* se trouve caractérisée par le fait que la totalité de l'œuf participe à l'édification d'un embryon proprement dit; il n'y a pas de suspenseur. L'absence de suspenseur a déjà été signalée par M. Treub (5) dans trois autres espèces d'Orchidacées; le *Listera ovata* R. Br., l' *Epipactis palustris* Crantz et le *Cypripedium spectabile* Salisb. A ce sujet, cet auteur rappelle que Sacht avait déjà observé ce fait bien auparavant chez le *Listera* et l'*Epipactis*. D'après les figures données par M. Treub, la construction de l'embryon de ces trois plantes serait analogue à celle de l'embryon du *Neottia Nidus-avis*. Cependant, la filiation des blastomères n'a pas été suivie chez le *Cypripedium*, et les observations sur le *Listera ovata* et l'*Epipactis palustris* laisseraient supposer que le début de la segmentation s'effectue sans régularité; deux catégories de tétrades se constitueraient chez ces deux espèces.

Il n'apparaît pas possible de confirmer l'opinion de P. Dumée relativement à la formation d'un suspenseur unicellulaire à la base de l'embryon.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 57, 1910, p. 83-87.

(2) *Mém. Soc. Nat. Kiev.*, 26, p. 1-55.

(3) *Embryologie der Angiospermen*, Berlin, 1929, *Vergleichende Embryologie der Angiospermen*, Berlin, 1931.

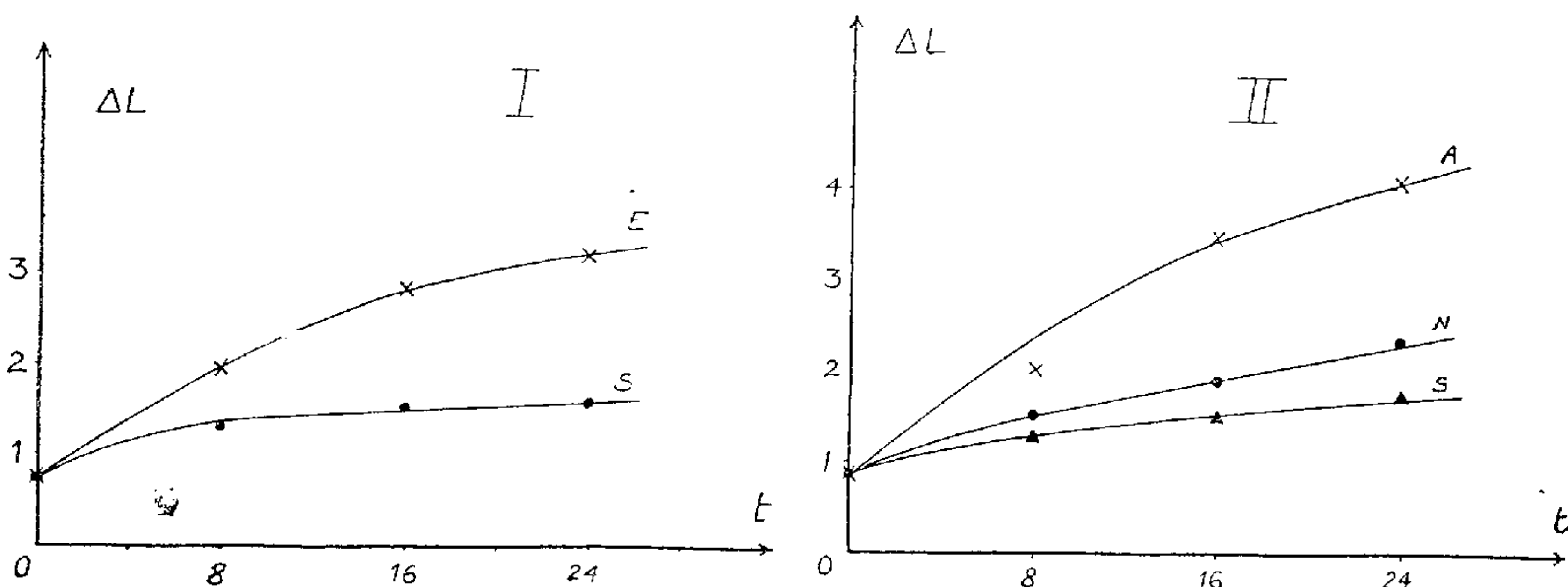
(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 978 et 1599.

(5) *Verh. Kon. Akad. Wet. Afdeel. Natuurk*, Amsterdam, 1879.

ALGOLOGIE. — *A propos de l'action du tryptophane sur l'*Acetabularia mediterranea *Lamour*. Note de M[lle] **Simone Dao**, présentée par M. Roger Heim.

Les acides aminés semblent convenir particulièrement à la nutrition azotée de l'*Acetabularia* en culture.

Diverses observations effectuées sur l'*Acetabularia mediterranea*, Dasycladacée, en culture dans l'eau de mer ou le milieu « Erdschreiber » [J. Haemmerling ([3]), 1944], nous ont conduit à penser que la nutrition azotée devait être considérablement favorisée par le second milieu. En effet, avec des conditions de température et d'éclairement identiques, les algues élevées dans de l'eau de mer pure croissent extrêmement lentement, elles sont pauvres en plastes et parviennent difficilement à former leurs organes reproducteurs; au contraire dans la seconde solution, les synthèses se déroulent activement si bien que les plantes deviennent en deux à trois semaines beaucoup plus grandes et plus grosses que les autres, de plus elles sont très vertes, riches en plastes et des chapeaux reproducteurs apparaissent sur tous les pieds (courbes de croissance I).



Courbe I.

t, temps en jours; ΔL, allongement de l'algue en centimètres; S, eau de mer; E, Erdschreiber.
Date de l'expérience : septembre 1955. Température : 22° C. Éclairement : 2 500 lux.

Courbe II.

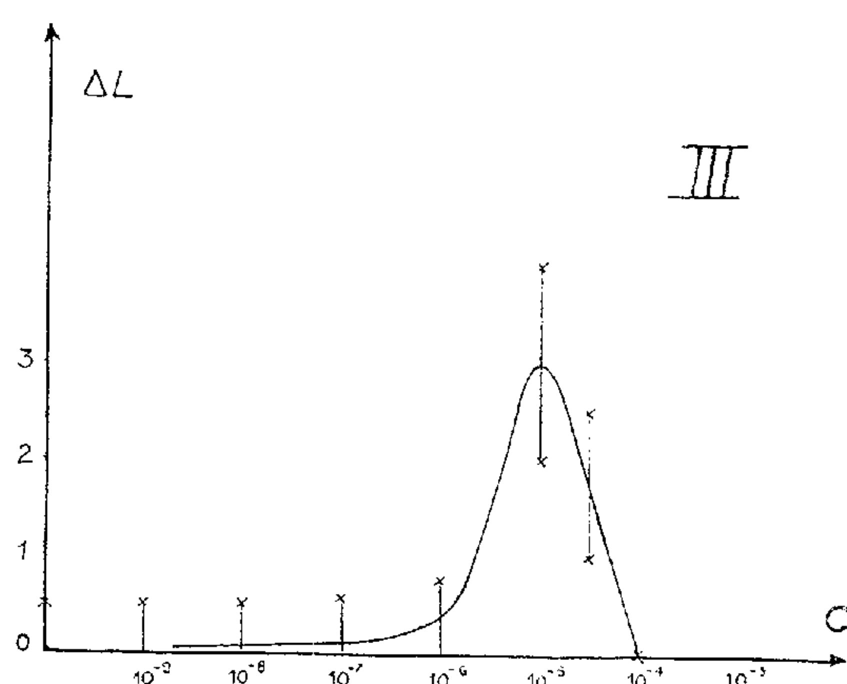
t, temps en jours; ΔL, allongement de l'algue en centimètres; A, asparagine (5 cg/l); N, NO_3Na (1 g/l); S, eau de mer.
Date de l'expérience : juillet 1956. Température : 25° C. Éclairement : 3 000 lux.

Des expériences ont donc été menées avec des milieux divers constitués d'eau de mer additionnée soit de nitrates (NO_3Na), de sels ammoniacaux [$SO_4(NH_4)_2$, $PO_4H(NH_4)_2$, NO_3NH_4], soit d'acides aminés (leucine,

tryptophane, cystine, méthionine), soit d'amides (asparagine, glutamine). Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les substances organiques pour lesquelles l'accroissement en longueur atteint pour la concentration optimale plusieurs centimètres après trois à quatre semaines contre quelques millimètres avec les sels minéraux (courbes de croissance II).

Nous rapportons ici plus précisément les faits relatifs au tryptophane que des expériences précédentes sur l'action de l'acide indol acétique sur l'*Acetabularia mediterranea* nous ont amené à utiliser dès le début de nos recherches.

Nous plaçons des lots de plantes aussi identiques que possible dans des solutions de tryptophane dans de l'eau de mer de Banyuls à des taux échelonnés de 10^{-3} mg/l à 1 g/l. Les algues séjournent un mois dans ce milieu sans que celui-ci soit renouvelé. Les cristallisoirs sont de verre incolore, la température est de 20 à 25° C et l'éclairement de 2 000 lux environ avec une photopériode approximativement 12-12. Les Acétabulaires élevées au laboratoire à partir de zygotes réagissent de la même manière quel que soit leur âge; seule la vitesse de croissance change; elle se montre particulièrement importante pour les pousses de 1 à 1,5 cm de longueur (courbe de croissance III).



Courbe III.

C, concentration en tryptophane (grammes par litre); ΔL, allongement de l'algue en centimètres. Date de l'expérience : juin 1956. Température : 25° C. Éclairement : 3 000 lux.

Le développement des plantules est maximum pour les concentrations 1 à 5 cg/l. Il serait peut-être meilleur à des doses supérieures si l'oxydation du tryptophane qui, on le sait, se produit sous l'action de la lumière ne libérait des substances toxiques en quantité telle qu'elle donne une coloration brunâtre au milieu et provoque la dégénérescence des algues. Ces inconvénients s'observent déjà pour une teneur de 5 cg en tryptophane par litre d'eau de mer.

Avec des Acétabulaires suffisamment âgées (six mois au moins) les organes reproducteurs apparaissent en grand nombre dans les cristallisoirs où l'allongement est le plus grand (1 à 5 cg/l).

Si l'on compare les plantules avec celles qui ont vécu dans la solution « Erdschreiber », il est évident qu'elles sont un peu moins exubérantes (la différence porte surtout sur le diamètre des siphons) ce qui reflète les avantages du complexe alimentaire fourni par l'extrait de terre.

Nous avons précédemment décrit [S. Dao, (2), 1954] des expériences démontrant l'action favorable de l'acide indol acétique sur le développement de l'*Acetabularia mediterranea*; nous avions conclu à une action auxinique possible pour les faibles concentrations et à une action métabolique du noyau tryptophane pour les fortes teneurs. De nouvelles mesures confirment l'importance du rôle métabolique de l'acide indol acétique, analogue à celui du tryptophane. Les courbes de croissance en présence des deux substances sont presque identiques, avec des sommets pour les mêmes concentrations moyennes et des réactions défavorables semblables aux fortes concentrations.

L'action auxinique pour les basses concentrations est par contre toujours très petite (quelques millimètres) et de plus elle est irrégulière. Ceci peut s'expliquer par la mauvaise nutrition azotée des plantes aux faibles teneurs, l'apport de l'eau de mer étant insuffisant. Les expériences avec l'acide naphtalène-acétique dont le rôle métabolique est négligeable donnent les mêmes résultats indécis. Il est difficile de conclure à ce sujet avant d'avoir utilisé des milieux riches pour lesquels le facteur alimentaire ne peut freiner la réponse des plantes aux hormones.

De toute façon, nos résultats confirment que le tryptophane et l'acide indol acétique sont d'excellentes sources d'azote pour l'*Acetabularia mediterranea.* La forme d'entrée dans le siphon algal reste encore à déterminer, soit que la molécule y pénètre à peu près intacte, soit qu'elle y parvienne déjà modifiée par les bactéries qui se trouvent sur le végétal et qu'il est impossible d'éliminer. L'avantage des acides aminés dans l'alimentation azotée des Acétabulaires paraît être considérable puisque la croissance est augmentée cinq à dix fois; ce fait concorde avec les conclusions d'Algeus [(1), 1950-1951] en ce qui concerne l'utilisation possible des substances nitrées organiques par diverses Chlorophycées, en particulier des genres *Scenedesmus* et *Chlorella.*

(1) S. Algeus, *Physiol. Plantar.*, 3, 1950, p. 370; 4, 1951, p. 495.
(2) S. Dao, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2340.
(3) J. Haemmerling, *Arch. Protistenkde*, 97, 1944, p. 7.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les diverticules œsophagiens d'un Rongeur, le Hamster* (Mesocricetus auratus *Waterh.*). Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les diverticules œsophagiens ventraux, décrits, pour la première fois, chez le Hamster, s'ajoutent aux cæcums dorsaux, connus chez certains Ongulés, pour montrer que les diverticules de l'œsophage, rencontrés chez l'Homme à titre d'anomalies, constituent, bien plutôt, des rappels ancestraux que des formations pathologiques.

Le *Mesocricetus* est un Rongeur de la vaste famille des *Muridæ* et de la sous-famille des *Cricetinæ*, dont plusieurs genres (*Cricetus*, *Mesocricetus*, etc,) dénommés « Hamsters », sont caractérisés par la présence d'abajoues.

Le *Mesocricetus auratus* Waterh. (Hamster doré), qui fait l'objet de cette Note, est originaire du Sud-Ouest de l'Asie. Au Centre d'Élevage du Parc zoologique de Vincennes, des exemplaires, jeunes et adultes, m'ont été procurés par M. le Professeur A. Urbain et M[lle] M. A. Pasquier.

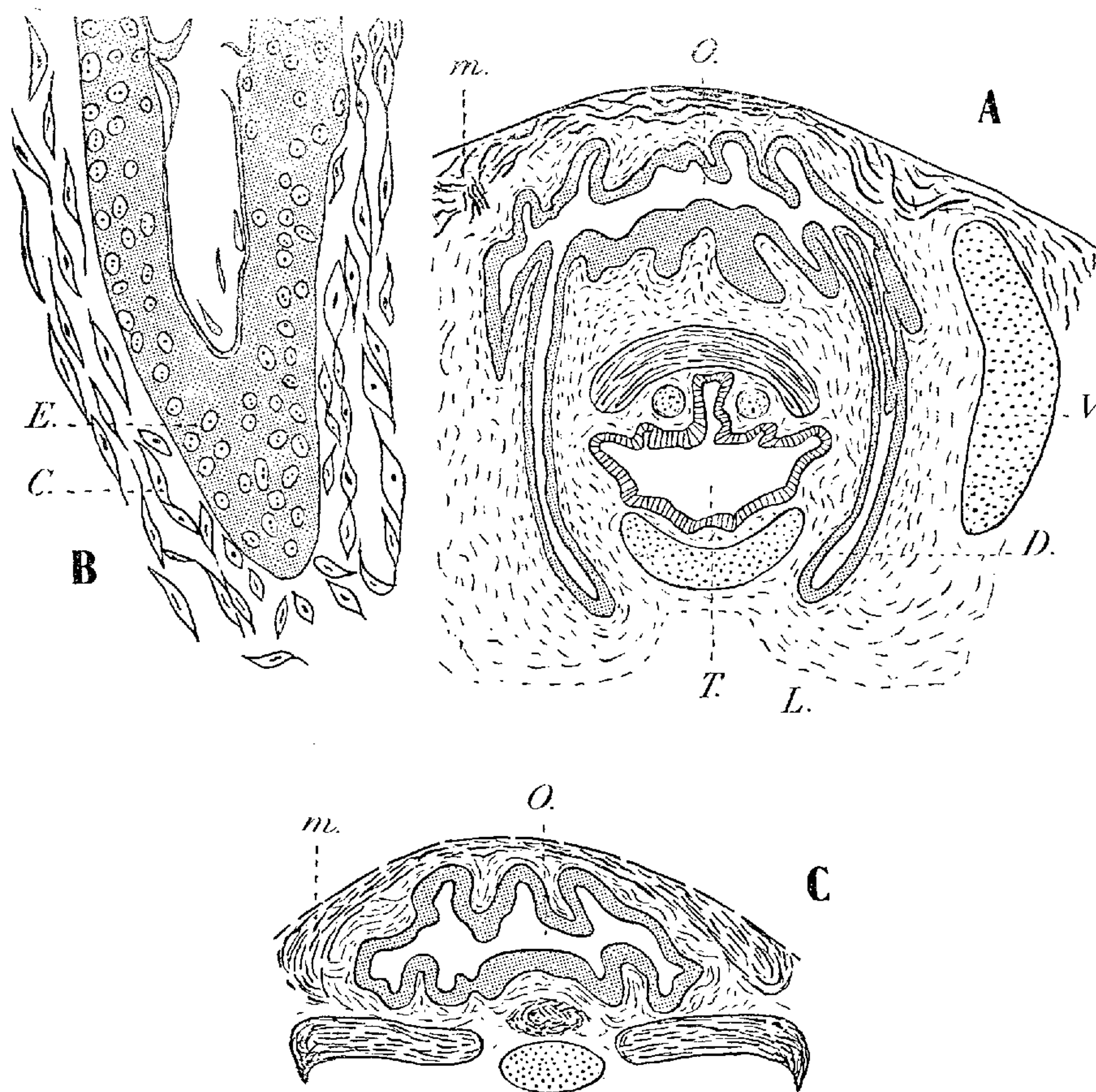
Des coupes horizontales, au niveau du cou d'un Hamster doré nouveau-né, révèlent que l'œsophage possède (*fig.* C) : 1° une muqueuse soulevée par de nombreux plis longitudinaux, qui permettent la dilatation du canal et donnent, en section, l'aspect étoilé à sa lumière, surtout étendue transversalement; 2° des groupes de muscles, qui forment une tunique charnue, peu adhérente à la muqueuse.

Dans sa région toute supérieure (*fig.* A), la paroi ventrale de l'œsophage présente, en outre, à droite et à gauche, deux profonds diverticules symétriques, qui s'étendent jusqu'à la base de la langue. Le calibre de ces *diverticules œsophagiens* ventraux est sensiblement le même, à leur origine et sur leur trajet, jusqu'à l'extrémité inférieure, bien que, du côté gauche, le début du diverticule soit masqué par des plis de l'œsophage. La tunique musculaire disparaît, latéralement, à leur niveau.

La muqueuse des diverticules (*fig.* B), en continuité avec celle de l'œsophage, comporte, comme celle-ci : 1° un *épithélium*, qui affecte l'aspect d'une nappe protoplasmique semée de noyaux, surtout abondants en profondeur; 2° un *chorion* peu épais, formé de cellules, en partie anastomosées.

Il est intéressant de rappeler qu'à titre d'anomalies, on rencontre, chez l'Homme, des diverticules, les uns pharyngiens, les autres, œsophagiens, que l'on divise, selon leur position, en diverticules ventraux, latéraux et dorsaux. P. Albrecht [1] a pensé que ces diverticules représentent les vestiges embryonnaires d'organes qui, normalement bien développés chez certains Animaux, ont disparu chez l'Homme. A l'appui de sa thèse, il cite : le diverticule pharyngien *dorsal* de certains Mammifères ongulés

(Éléphant, Bœuf, Girafe, parfois) et le cœcum œsophagien dorsal du Porc. Mais, chez les Animaux, il ne mentionne pas de diverticules latéraux et, en ce qui concerne les *ventraux*, il est obligé, pour en trouver, de descendre,



Hamster doré (*Mesocricetus auratus* Waterh.) nouveau-né, du Parc Zoologique de Vincennes.
Coupes transversales, dans la région du cou.

A. Coupe supérieure, n° 24. L'œsophage présente deux diverticules ventraux symétriques. 50 fois grandeur naturelle environ.

B. Même coupe qu'en A, mais plus grossie : région inférieure du diverticule œsophagien, du côté droit. 400 fois grandeur naturelle environ.

C. Coupe inférieure, n° 21. La muqueuse de l'œsophage est normalement plissée. 50 fois la grandeur naturelle environ.

C. chorion; D. diverticule œsophagien ventral : E. épithélium; L. langue; m. muscles; O. œsophage; T. trachée-artère; V. centre d'ossification vertébral, au stade cartilagineux.

dans la série des Vertébrés, jusqu'aux Poissons, chez lesquels il mentionne: la vessie natatoire du *Polypterus* (Poisson ganoïde archaïque) et la poche à air des Plectognathes (Poissons téléostéens très particuliers).

L'étude qui précède complète, en quelque sorte, les données d'anatomie comparative établies par P. Albrecht. Les diverticules œsophagiens du

Hamster, nettement ventraux et un peu latéraux, décrits, ici, pour la première fois, rappellent les diverticules ventraux hypopharyngiens et œsophagiens de l'Homme. Fait remarquable, la tunique musculaire de l'œsophage, chez l'Animal, comme chez l'Homme, disparaît au niveau des diverticules.

Dans la série des Mammifères, il existe donc des diverticules ventraux de l'œsophage, au moins chez un Rongeur, le Hamster, alors que, jusqu'ici, on ne connaissait que des diverticules dorsaux de ce canal et chez les seuls Ongulés.

(1) *Centralblatt für Chirurgie*, 12e année, Leipzig, Breitkopf et Härtel, 1885. Beilage *Deutsche Gesellschaft für Chirurgie*, XIVe Kongress, 1885, no 24, p. 54.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la température sur la durée de la diapause imaginale de* Melolontha melolontha *L.* (*Col.* Scarabeidæ). Note de M. **Bernard Hurpin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au cours de son cycle évolutif, le Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) présente, chaque hiver, un arrêt de développement. L'hibernation des larves est provoquée, dans le courant d'octobre, par la baisse de température au-dessous de 11° C et cesse dès que le sol se réchauffe suffisamment au début du printemps. Par contre, la phase de repos des imagos est liée à des phénomènes de diapause qui interviennent à la fin de la nymphose, au sortir de la mue imaginale; dès son éclosion, dans le courant du mois d'août, le jeune Hanneton reste inactif dans sa loge souterraine. Nous avons montré précédemment (1) qu'il s'agit d'une diapause vraie au sens de Roubaud, caractérisée essentiellement par un géotactisme positif strict, l'absence des facultés de reproduction et l'inhibition totale de l'appétit quelles que soient les conditions du milieu ambiant, au laboratoire, comme dans la nature. Cette diapause est en rapport avec la croissance des ovaires et l'évolution des testicules (2). Les Insectes ne redeviennent sensibles aux influences extérieures et, en particulier, aux variations de la température que lorsque l'ovaire comporte 5 à 6 ovocytes dans chaque gaine ovarique, le plus âgé d'entre eux ayant environ 1,4 mm de long et 0,8 mm de diamètre, ou lorsque les testicules se sont suffisamment contractés, les vésicules séminales et les glandes annexes étant convenablement garnies de sécrétion.

Avant cette phase de sensibilisation aux agents extérieurs, la diapause a pu s'établir et se maintenir sous l'influence de processus physiologiques, à la suite de la métamorphose et liés, comme elle, à des facteurs endocriniens (Wigglesworth) (3) qui ne sont pas examinés ici.

Étant donné la relation, ainsi mise en évidence, entre le déroulement de la diapause et le développement de l'appareil génital, il nous a été possible de suivre en détail l'action de la température sur la durée de la diapause en mesurant les ovocytes ou les testicules de Hannetons placés à différentes températures.

Les Insectes utilisés furent prélevés, en 1954 et 1955, dans nos élevages de vers blancs dans la journée qui suit l'éclosion de l'imago. Ils furent placés en polythermostat à six températures, maintenues constantes à 1° C près (6, 11, 15, 20, 25 et 34°) dans de petites boîtes en aluminium remplies de terre de jardin humide. Tous les cinq jours, les mensurations d'ovocytes étaient effectuées au micromètre oculaire sous la loupe binoculaire, et l'évaluation du volume des testicules était obtenue par la méthode pycnométrique déjà exposée ([4]). Avant la dissection, chaque Hanneton était pesé et nous notions sa longueur et sa plus grande largeur.

De cette expérimentation portant sur près de 300 Hannetons, il résulte que :

— à 6° C les ovocytes se forment dans le germarium, mais ils descendent très lentement dans le vitellarium et ne grossissent guère. Les testicules changent peu de volume et les vésicules séminales comme les glandes annexes restent vides. Au bout de cinq mois, tous les Hannetons étaient morts étant encore en état de diapause;

— à 11° C la diapause est terminée au bout de 80 à 100 jours, suivant la taille de l'Insecte : les plus gros sont les plus hâtifs. Chaque gaine ovarique comprend alors 4 ou 5 ovocytes;

— à 15° C le stade caractéristique, correspondant à la possibilité de réactivation, est atteint dans les organes génitaux mâle et femelle au bout de 40 à 50 jours, et l'ovaire présente 5 ou 6 ovocytes par gaines;

— à 20° C la diapause s'élimine en 30 à 40 jours, et l'ovaire montre 4 à 5 ovocytes dans chacune des 12 ovarioles;

— à 25° C le Hanneton peut réagir de nouveau aux influences externes au bout de 30 à 40 jours, mais les gaines ovariques ne comportent plus que 3 ou 4 ovocytes et on note une plus forte mortalité qu'à 20° C, au cours des essais (40 % contre 15 %);

— à 34° C il faut plus de 40 jours pour obtenir la fin de la diapause et le développement corollaire des gonades, mais il y a une très forte mortalité (62 %) et la plupart des survivants ont des organes anormaux.

Ces données montrent qu'à la différence de beaucoup d'Insectes, pour lesquels une période de froid ou des chocs thermiques précédant l'application d'une température assurant le développement normal, sont nécessaires pour obtenir la réactivation, la diapause de *M. melolontha* est éliminée d'autant mieux que la température est assez élevée. Chez le Hanneton en hibernation, la phase d'asthénobiose est d'autant plus courte que la

température est plus forte et, comme pour les autres phases du développement ([5]), l'optimum thermique se situe aux environs de 20° C et les limites au-dessous de 11° et au-dessus de 25°. Ces faits sont en accord avec la théorie de H. G. Andrewartha ([6]) : « la rupture de la diapause s'effectue selon un processus graduel qui est influencé par la température de la même manière que la morphogénèse, mais avec des exigences thermiques qui peuvent être très différentes ». Chez le Doryphore, J. de Wilde ([7]) a constaté également que la diapause prend fin d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. Cependant ses relevés concernent le phénomène considéré globalement, alors que nous avons pu étudier de façon précise par observation de l'appareil génital, l'évolution de la diapause imaginale de *Melolontha* et donner ainsi tout son sens au terme de « diapause development » créé par Andrewartha pour les œufs de l'Acridien *Austroicetes cruciata*.

([1]) B. Hurpin, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1789.
([2]) B. Hurpin, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1861.
([3]) V. B. Wigglesworth, *Metamorphosis in Insects*, Cambridge University Press, 1954.
([4]) B. Hurpin, *Rev. Path. Végét. Ent. Agr.*, 35, 1956, p. 75.
([5]) B. Hurpin, *Ann. Epiphyties*, 1955, p. 529.
([6]) *Biol. Rev.*, 27, 1952, p. 50.
([7]) *Acta Physiol. Pharm. Néerl.*, 3, 1953.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches cytologiques sur la formation du pigment mélanique chez certains poissons.* Note de M. **Jean Politis**, présentée par M. Maurice Caullery.

La question de la formation des pigments dans l'organisme animal est une des plus obscures de l'histologie.

A la suggestion de A. Prenant, N. Asvadourova (1913) groupe sous trois chefs principaux les modes de la genèse des pigments noirs : « C'est d'abord une origine nucléaire et plus spécialement nucléolaire. C'est ensuite une origine protoplasmique exactement mitochondriale. C'est enfin une origine plastique et paraplastique aux dépens de plastes ou même de simples enclaves. »

Je n'ai pas l'intention de passer en revue, ici, les recherches faites sur les substances mères des mélanines. Les travaux de Bloch (1917) et d'autres travaux récents donnent une idée exacte de l'état de la question. L'existence, sous forme de grains, des mélanines et leur grande résistance à divers solvants et réactifs chimiques ont attiré depuis longtemps l'attention des biologistes. Aussi ces matières colorantes ont-elles été très étudiées.

Murisier voit le pigment du mélanophore de la Truite résulter de la rencontre, dans l'hyaloplasme, de deux produits également liquides et incolores, l'un diffusant du noyau et plus précisément du nucléole, l'autre apporté par le sang. Cette rencontre s'effectuerait dans la partie centrale du corps cellulaire, apparaissant comme le lieu de précipitation de la mélanine et de la croissance de ses grains.

J'ai suivi la naissance et l'évolution des granules du pigment mélanique de préférence dans les mélanophores du mésenchyme de *Barbus machola* et de *Barbus conchonius*, après m'être assuré, par l'examen des cellules noires de la peau, dans diverses régions du corps, que les choses se passaient partout de la même façon.

Du fait de leur transparence, les nageoires caudales, dorsales et pectorales constituent un excellent matériel pour l'étude de la cellule pigmentaire. Dès le début de la pigmentogenèse, le mélanophore devient visible, grâce à la coloration naturelle de grains qu'il renferme.

Les observations faites sur le mélanophore évoluant permettent de suivre très nettement le processus cytologique de la mélanogenèse.

Dans le premier stade du développement du mélanophore, on voit, tout d'abord, outre le noyau et le cytoplasme, apparaître un corpuscule situé au voisinage du noyau. Ce corpuscule, très petit et incolore au début, en grossissant peu à peu prend une coloration noire. Ce corpuscule élaborant une mélanine est étroitement spécialisé dans cette fonction et nous l'avons nommé *mélanoplaste*. Ce mélanoplaste, après son développement complet, présente, à sa surface, des excroissances sphériques. Ces excroissances s'agrandissent et paraissent se multiplier par une sorte de bourgeonnement. Il se produit ainsi un assemblage de corpuscules sphériques noirs. Le nombre et la grandeur de ces corpuscules varient d'une cellule à l'autre. La disposition des grains mélaniques, dans les mélanophores adultes, est souvent en files rayonnant autour du centre cellulaire.

Nous avons constaté que les élaioplastes, que nous avons décelés dans un grand nombre de plantes phanérogames, apparaissent en contact avec le noyau. Leur substance fondamentale aurait la même constitution que les nucléoles. D'autre part, nos observations sur des cellules renfermant des pigments anthocyaniques nous ont permis de constater que les corpuscules décrits par nous sous le nom de cyanoplastes apparaissent souvent au voisinage du noyau. Ces faits nous ont conduit à supposer qu'un gène, après être sorti du noyau, constituerait un cyanoplaste. Ce gène possède la faculté de se multiplier dans le cytoplasme et la propriété de produire de l'anthocyane. Ce que nous avons supposé pour la formation de l'anthocyane, nous pouvons le supposer pour les mélanines.

GÉNÉTIQUE. — *Examen de populations de* Sphæroma serratum *sur les côtes de la péninsule ibérique*. Note (*) de M. **Henri Hoestlandt**, présentée par M. Louis Fage.

En Galice, les populations de l'espèce lusitanienne, *Sphæroma serratum*, sont semblables à celles de la Bretagne française et de la Cornouaille anglaise, mais avec une tendance à une plus grande variabilité à l'intérieur des types. Au Portugal et en Andalousie, *Aurantiacum* est presque constant alors qu'il est rare en Bretagne et dans les Iles Britanniques (influence vraisemblable de la température).

Le polychromatisme des populations de l'Isopode marin, *Sphæroma serratum* (Fabricius), a fait l'objet d'études antérieures sur les côtes de Bretagne, du Boulonnais et des Iles Britanniques [1]. Il convenait donc d'examiner maintenant la région considérée comme centre de dispersion de cette espèce lusitanienne : au cours des années 1954 et 1955, les côtes atlantiques de la péninsule ibérique ont été prospectées avec examen de 51 stations correspondant à un total de 50 500 Sphéromes.

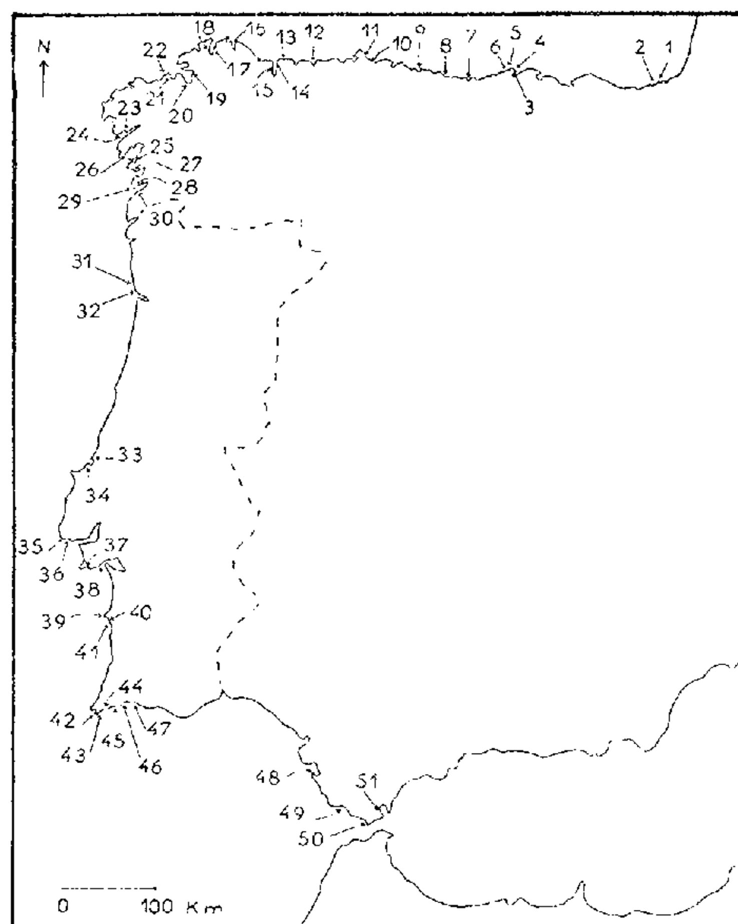
Le tableau ci-après donne les fréquences en pour-cent des divers phénotypes (*albicans* A, *discretum* D, *lunulatum* L, *ornatum* O, *signatum* S, *rubrum* R, *aurantiacum* Au); les numéros correspondants des stations sont portés sur la carte. Dans les populations de l'Algarve et de l'Andalousie (42 à 49), la petite dimension des Sphéromes et leur faible pigmentation n'ont pas permis de distinguer facilement Au de D; c'est pourquoi le pourcentage commun à ces deux types figure en D.

Station.	Effectif.	A.	D.	L.	O.	S.	R.	Au.
1. Pasajes de San Juan.	1 126	3,5	93,1	1,5	0,8	0,7	0,2	–
2. Isla de Santa Clara...	912	10,1	87,5	1,0	0,8	0,2	0,1	–
3. San Martin..........	1 158	4,1	79,8	3,7	3,6	1,7	6,9	–
4. Peña Vieja..........	1 097	4,3	71,7	9,0	14,0	0,8	–	–
5. La Maruca..........	1 126	3,9	79,6	2,5	13,9	0,1	–	–
6. Soto de la Marina....	1 246	12,5	78,3	6,9	2,2	–	–	–
7. San Vicente de la Barquera	1 031	2,5	76,8	18,4	2,0	0,2	–	–
8. Poo................	1 133	13,2	82,6	0,5	3,6	–	–	–
9. Ribadasella	641	15,9	71,6	10,7	1,5	–	0,1	–
10. Santa Cruz de Jove..	1 033	18,4	61,7	8,3	8,3	0,6	2,4	–
11. Luanco.............	1 117	13,9	73,4	12,4	0,1	–	–	–
12. Luarca.............	1 047	36,7	48,4	13,7	0,6	0,3	–	–
13. Tapia de Casariego...	1 042	20,1	66,5	10,2	2,6	–	0,3	–
14. Figueras............	1 129	23,3	68,6	3,3	0,4	1,6	2,4	–
15. Ribadeo............	1 109	22,4	72,5	1,2	0,3	0,8	2,6	–
16. San Juan de Covas...	1 031	29,2	52,5	10,2	4,0	0,3	2,8	0,6
17. Ortigueira..........	1 166	4,8	89,8	2,9	0,3	0,2	1,4	0,4
18. Sismundi...........	977	3,8	79,6	9,3	0,6	0,9	4,9	0,7

Station.	Effectif.	A.	D.	L.	O.	S.	R.	Au.
19. Puentedeume	1417	10,0	71,4	10,3	1,9	0,2	5,9	–
20. Sada	1243	6,4	69,1	13,6	2,6	3,9	4,0	0,1
21. La Coruña	1586	11,9	46,4	17,6	5,2	10,8	3,2	4,8
22. San Pedro de Visma..	728	39,5	37,3	8,8	4,1	7,9	2,1	–
23. Muros	1223	15,8	43,5	19,6	8,5	3,6	7,6	0,9
24. Tal	988	28,4	34,9	13,4	12,8	1,0	8,2	1,1
25. Cambados	1026	7,3	61,0	12,8	12,2	4,2	2,2	–
26. La Toja	1033	11,2	54,9	15,1	8,2	6,2	4,2	–
27. Punta Meilan	1032	31,9	39,6	12,8	5,9	6,5	2,7	0,4
28. Con	1261	28,1	38,8	18,8	7,9	4,3	1,5	0,2
29. Isla del Faro	816	56,8	22,7	6,8	11,8	0,1	1,4	–
30. Panjón	1074	35,9	24,8	24,3	7,6	1,3	3,6	2,1
31. Leça de Palmeira	403	65,5	21,0	4,7	2,9	–	–	5,7
32. Foz de Douro	852	54,6	10,4	1,2	1,4	–	–	32,1
33. São Martinho do Porto.	1242	21,1	72,3	4,2	–	0,7	1,2	0,4
34. Salir do Porto	657	26,4	66,0	5,0	0,1	0,7	1,5	–
35. Oitavos	356	22,5	64,6	3,0	7,0	–	–	2,8
36. Monte Estoril	1354	38,0	56,5	2,0	0,9	0,3	–	2,1
37. Sezimbra	791	34,0	44,0	12,0	4,3	–	4,6	1,0
38. Isla de Anixa	1166	18,2	38,1	32,2	3,1	–	7,2	1,1
39. Cabo de Sines	539	32,1	53,2	7,0	5,2	–	1,6	0,7
40. Larido	1116	18,2	60,1	15,1	2,2	–	4,0	0,2
41. Costa da Galé	1111	18,2	47,1	21,1	3,5	0,2	5,0	4,7
42. Praia do Belixe Velho.	212	39,1	(54,7)	1,4	2,3	–	2,3	(*Cf.* D)
43. Sagres	1092	21,9	(58,1)	2,8	7,5	–	9,6	»
44. Praia da Ingrina	1108	12,0	(63,4)	5,8	6,2	–	12,4	»
45. Praia do Burgau	1053	15,5	(61,9)	6,8	4,7	–	10,8	»
46. Lagos	1135	16,3	(64,9)	8,9	5,6	–	4,2	»
47. Portimão	1082	24,5	(52,8)	1,7	2,8	–	18,0	»
48. Cadix	344	4,0	(74,4)	5,8	7,5	–	8,1	»
49. Barbate	710	15,5	(67,4)	7,3	2,4	–	7,2	»
50. Tarifa	429	8,8	64,1	9,5	1,4	–	5,8	10,2
51. Algeciras	1174	2,6	63,3	19,0	2,9	1,3	4,0	6,8

L'examen des diverses stations ainsi que leur comparaison avec les résultats des recherches antérieures en France et dans les Iles Britanniques permettent de tirer quelques conclusions. En général, les Sphéromes des côtes atlantiques de la péninsule ibérique montrent une variabilité plus grande qu'en Bretagne et dans les Iles Britanniques; certains, d'ailleurs peu nombreux, se rapprochent d'exemplaires pris à Istamboul (²), quelques autres semblent bipigmentés (³). La plupart de ces exceptions ont été classées assez facilement parmi les types déjà connus, surtout en D. L comprend souvent des *pseudolunulatum* et S des *pseudosignatum*. O, est constant, comme il l'est en Bretagne et en Cornouailles, alors qu'il manque dans le Boulonnais, dans le Sud de l'Angleterre (Cornouaille exceptée) et en Irlande; il serait vraisemblablement sensible à une diminution de température.

S n'est constant qu'en Galice (14 à 30), rare dans le Nord il disparaît vers le Sud pour réapparaître à l'entrée de la Méditerranée comme *pseudo-signatum* (51); ce mutant ne semble pas très sensible à la température, mais il n'habite sur l'ensemble des côtes occidentales d'Europe que des



baies abritées par des côtes rocheuses et des haut-fonds parsemés d'îles, milieux toujours très riches en Sphéromes. Le mutant Au manque sur la côte septentrionale, apparaît en Galice et augmente de fréquence en descendant vers le Sud (Algarve); il est rare en Bretagne et dans les Iles Britanniques; ce serait peut-être une race plus sensible que O à l'abaissement de température.

En conclusion, une ressemblance s'établit entre les populations localisées dans des faciès de même nature (Galice, Bretagne française, Cornouaille anglaise) et orientées semblablement par rapport à l'« influx atlantique »; un mutant (S) semble inadapté à des zones côtières fortement battues; enfin deux mutants (O et Au) exigent une température plus élevée que celle nécessaire aux autres races étudiées.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) C. Bocquet, C. Levi et G. Teissier, *Arch. Zool. Exp.*, 87, 1951, p. 245-297; H. Hoestlandt et G. Teissier, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 667; H. Hoestlandt, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1052; 238, 1954, p. 2360; 240, 1955, p. 916.

(2) S. Okay, *Istanbul Univ. Fakült. Mecmuasi*, B. 9, 1943, p. 204-226.

(3) Animaux en cours d'élevage au Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Caen.

BIOLOGIE. — *La stomatogénèse pendant l'autogamie, la conjugaison et la division chez* Paramecium aurelia. Note (*) de Mlle **Madeleine Roque**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

La cinétie endorale est la cinétie stomatogène. Dans la bouche en formation, l'évolution de l'infraciliature est identique au cours de l'autogamie, de la conjugaison, de la deuxième division postzygotique, de la division végétative; dans les mêmes cas, le développement du bourgeon buccal est semblable.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré l'importance morphogénétique de la cinétie endorale dans l'évolution de la ciliature buccale, au cours de l'autogamie et de la conjugaison, chez *P. aurelia* (variété 4). Les cinétosomes de cette cinétie, en se multipliant, constituent le stock cinétosomien à partir duquel s'organisent les éléments cilifères de la nouvelle bouche.

L'étude de la deuxième division postzygotique de l'autogamie et l'étude de la division végétative mettent encore en évidence le rôle de la cinétie endorale dans la stomatogénèse de *P. aurelia.* Les cinéties buccales de l'opisthe sont formées par les cinétosomes issus de la cinétie endorale. Le processus est identique à celui de l'autogamie et de la conjugaison.

Récemment, E. D. Porter [2] a donné des résultats comparables aux nôtres, après avoir observé la ciliature buccale pendant la conjugaison et la division; il a appelé la cinétie endorale, « la cinétie n° 1 ».

Au cours de l'autogamie et de la conjugaison, avant la zygose, le quadrulus et le peniculus dégénèrent, puis sont reconstitués. Mais au cours de la division, y compris la deuxième division postzygotique, le quadrulus et le peniculus ne sont pas modifiés. Ces anciennes structures persistent dans le proter. L'opisthe possédera le quadrulus et le peniculus néoformés aux dépens de la cinétie endorale.

A l'exclusion de cette différence caractéristique, les phases de l'évolution ciliaire sont semblables dans l'autogamie, la conjugaison et la division [1] : un champ ciliaire se forme par divisions successives des cinétosomes de la cinétie endorale, après son élongation; il se développe sur toute la longueur de la cinétie endorale et sur sa droite; il s'élargit ensuite vers l'arrière. Plus tard, les cinétosomes s'aligneront parallèlement à la cinétie endorale sur plusieurs rangées et constitueront les nouvelles cinéties buccales.

En s'organisant, l'infraciliature de la future bouche progresse dans un bourgeon cytoplasmique, résultant de l'évagination de la paroi du cytostome. R. Hertwig [3] a noté que ce bourgeon prend naissance et grandit de la même manière au cours de la division et de la conjugaison. Nous avons observé que le comportement du bourgeon est, en effet, le même dans les

deux cas et nous ajoutons que le processus est analogue dans l'autogamie, dans la conjugaison et dans la division.

Le bourgeon apparaît après l'ébacuhe cinétosomienne; il est situé sous la cuticule, initialement à la partie postérieure droite de la bouche. Il s'accroît, ressemble alors à un croissant et vient entourer la région postérieure du vestibule. Lorsqu'il présente cet aspect, les nouvelles cinéties buccales commencent à s'individualiser. Il s'isole peu à peu de l'ancienne bouche. Au cours de l'autogamie et de la conjugaison, il évolue dans l'enceinte de la bouche qui dégénère.

Dans la division, la partie antérieure du bourgeon s'allonge et se rétrécit de plus en plus; le cytostome primitif est relié, ainsi, à celui qui s'ébauche jusqu'à ce que ce dernier soit organisé. La bouche qui s'élabore se déplace à droite, le long de la suture postorale. Le peniculus avec ses huit cinéties est constitué d'abord. L'alignement des cinétosomes du quadrulus et de la cinétie endorale ne tarde pas à s'achever. Les cinéties vestibulaires sont nettes. Dans l'ancienne bouche, elles sont inchangées comme le quadrulus, le peniculus et la cinétie endorale qui est visible parmi quelques cinétosomes épars, vestiges du champ ciliaire. Le macronucléus, jusqu'à ce moment resté massif à la partie antérieure du cytostome primitif, commence à s'étirer.

L'organisation est définitive quand un indice de sillon transversal protoplasmique devient perceptible entre les deux bouches jumelées, placées l'une au-dessous de l'autre et à sa droite. Les cinéties ventrales, dans la région buccale, sont seules interrompues; les cinéties des deux marges dorsoventrales et les cinéties dorsales sont encore continues entre leurs deux extrémités. Le macronucléus s'allonge entre les deux pôles du cilié et une légère constriction s'annonce.

Plus tardivement, l'opisthe, muni d'une bouche fonctionnelle, se séparera du proter.

(*) Séance du 5 novembre 1956.
(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2592.
(2) *J. Protozool.*, 3, 1956 (suppl.), p. 9.
(3) *Abhandl. Bayer. Akad. Wiss.*, 17, 1889, p. 153-233.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Détermination polyfactorielle du sexe et double déterminisme des caractères sexuels mâles chez les Oniscoïdes.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Legrand**, transmise par M. Albert Vandel.

Les modalités de la différenciation mâle des ♀ intersexuées de *Porcellio dilatatus* conduisent à admettre un déterminisme génique direct de ces caractères sexuels mâles. La variabilité de leur degré d'expression et les cas d'hermaphrodisme rudimentaire s'expliquent aisément par une conception polyfactorielle du sexe et un équilibre dynamique entre gènes de féminité et de masculinité.

Les faits d'hermaphrodisme protandrique rudimentaire ([1]) et d'intersexualité ([2]) héréditaires que j'ai décrites chez les ♀ de l'espèce *Porcellio dilatatus* peuvent trouver une explication rationnelle commune sur la base d'un déterminisme polyfactoriel du sexe (Bridges), c'est-à-dire si l'on admet que le sexe d'un individu — ici une ♀ — est la résultante d'un équilibre de deux complexes géniques : Σf (gènes de féminité) et Σm (gènes de masculinité). En l'absence d'hétérochromosomes, ces gènes multiples — dont certains ont chez les Oniscoïdes un effet sur la pigmentation (de Lattin, 1951) — sont répartis sur l'ensemble des chromosomes.

Ces deux complexes géniques sont certainement sujets à des variations multiples par le jeu d'intensificateurs. Le fait que, dans la descendance de certaines ♀ réfractaires à l'intersexualité (F 2 des géniteurs recueillis en 1953 dans des stations très diverses) sont apparues des ♀ intersexuées, incline à considérer comme possible l'existence de gènes majeurs et de gènes mineurs, ces derniers étant susceptibles de renforcer le degré d'expression de l'intersexualité lorsque les gènes épistatiques sont sous une forme convenable.

Enfin on peut aussi concevoir que ces complexes géniques aient une précocité d'action variable, les gènes de masculinité étant souvent plus précoces que ceux de féminité comme le montrent les faits d'hermaphrodisme protandrique (rudimentaire ou fonctionnel) connus chez les Oniscoïdes. Mais cette précocité peut être modifiée par d'autres facteurs, héréditaires ou non.

Il apparaît en fait que le sexe d'un individu ne correspond pas à un équilibre statique mais dynamique, non seulement variable d'un individu à un autre de même sexe apparent, mais également susceptible de varier chez un même individu avec la composition du milieu intérieur (âge) et l'influence des facteurs externes, comme le montrent bien les modalités de la régénération des appendices intersexués et l'action de la température sur les ♀ de *Porcellio dilatatus* ([2]).

Ce qui doit compter pour le déterminisme du sexe, c'est l'état initial de l'équilibre $\Sigma f/\Sigma m$, au moment de la différenciation de la gonade, qui doit régir le développement du tissu sexuel à la fois endocrinien et nourricier ([4]) et la position des gonies ([3]).

Si $\Sigma f = \Sigma m$, l'individu est hermaphrodite et les gonies se répartissent d'emblée en deux lots dont la position règle la destinée future : dans les utricules elles donneront des spermatozoïdes, dans le cortex elles donneront des ovocytes. Les gènes de masculinité agissant plus précocement, l'individu est d'abord ♂ puis, à l'entrée en jeu — d'ailleurs progressive — des gènes F, il vire à l'état ♀ fonctionnel, après avoir ou non fonctionné comme ♂. Si l'état initial $\Sigma f/\Sigma m$ consacre la suprématie d'un des deux complexes (F ou M), la gonade se différencie dans ce sens et l'individu en question

ne pourra ensuite fonctionner que de cette façon. Les expériences d'implantation hétérologue de fragments de gonade ([1]) ont en effet montré que chez les Oniscoïdes la différenciation sexuelle de la gonade, de même que celle des gonies, est fixée précocement et irrévocablement. Cependant, chez la plupart des ♀ de *Porcellio dilatatus*, les gènes de masculinité, incapables d'influencer la différenciation sexuelle primaire, peuvent néanmoins manifester plus ou moins tardivement leur force, soit spontanément dans les populations naturelles, soit sous l'effet d'une température élevée au Laboratoire, en induisant directement la différenciation des appendices dans le sens ♂ et la croissance du canal déférent (qui induit alors celle de l'apophyse génitale). En effet, ces caractères sexuels sont indifférents à l'hormone ♀ qui, chez les Oniscoïdes, n'est pas une chalone, comme le montre le maintien des appendices à l'état neutre (= ♀) chez les ♀ castrées ([5]) : l'hormone ♀ n'a qu'un effet positif, induisant le développement des caractères sexuels temporaires en rapport avec l'incubation des œufs (oostégites et cotylédons).

Cette hypothèse d'une action directe et locale des gènes de masculinité sur la différenciation des appendices s'appuie sur la probabilité d'absence d'hormone ♂ circulante qui inhiberait le déroulement normal de l'ovogénèse chez les ♀ intersexuées, comme l'implantation testiculaire l'inhibe ([2]). Elle s'appuie également sur le fait que la différenciation mâle des appendices chez les ♀ intersexuées ne suit pas toujours l'ordre normal de différenciation chez un ♂ jeune, à l'inverse de ce qui se passe chez une ♀ ayant reçu une implantation testiculaire.

Par ailleurs l'ablation totale, non seulement des testicules, mais de l'ensemble du tractus chez *Armadillidium vulgare* maintient un état ♂ des appendices même en cours de régénération. L'hypothèse d'une glande endocrine, comparable à celles des Amphipodes (Mme Charniaux-Cotton, 1955), mais totalement indépendante de la gonade et de ses tractus peut évidemment être envisagée.

Cependant les faits concernant la régénération des appendices chez les ♀ intersexuées la rendent tout à fait improbable, au moins chez ces ♀, car il serait incompréhensible que cette glande, développée spontanément ou non, ait une action endocrine différente de celle du tissu sertolien et qu'elle disparaisse ensuite spontanément chez certaines ♀ intersexuées âgées. Enfin cette hypothèse qui implique l'existence chez les Oniscoïdes d'un double déterminisme, génique et endocrine, des caractères sexuels secondaires mâles, rend compte des faits de gynandromorphisme connus chez de nombreux Crustacés, faits qui, chez les Oniscoïdes, se mêlent peut-être intimement à ceux qui concernent l'intersexualité, comme en témoigne la différenciation parfois asymétrique des appendices chez les ♀ « intersexuées ».

Il est possible que les ♂ fonctionnels présentant des ouvertures génitales ♀, que j'ai rencontrés dans les mêmes populations de *Porcellio dilatatus* que les ♀ intersexuées, correspondent à des individus tout à fait comparables à ces dernières. Dans ce cas, alors que la suprématie du complexe Σm a permis la différenciation mâle de la gonade — et, partant, des caractères sexuels secondaires —, la force du complexe Σf se révélerait en induisant le développement, assez faible d'ailleurs, de l'oviducte qui induit à son tour l'invagination épidermique.

J'ai observé également dans ce cas des individus asymétriques. L'action de basses températures sur les ♂ de différentes lignées est à l'étude.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1029.

(2) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1363.

(3) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 120.

(4) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 108.

(5) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1083.

MICROBIOLOGIE. — *Sur les moyens de lutte contre l'accident du « bleu », en fromagerie de pâtes molles du type camembert. Rôle des ferments.* Note de M. **Jean Jacquet**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'accident le plus grave, dit du « bleu », qui puisse frapper les fabrications de camembert est la présence du *Penicillium glaucum* M. Link (1) qui envahit tout ou partie de la surface. L'épithète *glaucum*, reprise par les spécialistes de la laiterie, depuis P. Mazé (2) désigne, en fait, des espèces différentes [*cf.* C. Thom (3)] mais à conidiospores bleues et qui poussent lorsque le milieu n'a pas été occupé à temps par l'espèce ensemencée, *P. caseicolum*, Bainier (4) (= *P. candidum* Link).

La production de l'accident dépend de plusieurs facteurs : tout d'abord, une *contamination*, soit par le matériel (stores mal entretenus, montants moisis des haloirs), soit par les eaux, par le sel utilisé, ou l'air des locaux; ensuite, un *milieu* constitué par le caillé lactique qui se trouve rendu favorable aux espèces nuisibles et défavorable à l'espèce utile ensemencée. Il faut tenir compte, aussi, de la *précocité* relative d'apport des spores des espèces envisagées.

Pour essayer de préciser le rôle de certaines conditions dans l'étiologie de cet accident, autrefois très fréquent et désastreux, nous avons étudié de nombreux échantillons de *P. caseicolum*. Nous avons constaté qu'elles n'étaient point semblables entre elles dans leurs exigences de pH de culture. Certaines souches, en effet, sont très acidophiles (elles sont très nombreuses), et ne vivent sur lactosérum que dans une limite étroite de pH (de 4,5 à 6,5

par exemple, ou de 4,5 à 7). D'autres sont, au contraire, plus tolérantes et acceptent un pH plus élevé de 8,5 par exemple; certaines mêmes végètent médiocrement, mais vivent tout de même jusqu'au pH 10. Nous avons observé, en outre, leurs mutations relativement fréquentes, certaines variétés changeant brusquement de zones de pH de croissance. Quant à la vigueur du mycélium formé, elle est fort variable, les espèces sauvages observées dans les caves et sur les bondes de Neufchâtel étant de beaucoup les plus puissamment envahissantes. Enfin, dans la préparation des ferments des laboratoires industriels, nous avons constaté qu'un âge suffisant de conidiospores était nécessaire pour assurer leur survie après la récolte et la dilution dans l'eau. Des préparations obtenues trop vite lors d'un excès de demandes des clients (on sait, en effet, que l'industrie laitière est fortement influencée par un apport accru saisonnier du lait) se sont avérées inefficaces, toutes les spores mourant rapidement. Avec l'aide de MM. Delacroix et Gondouin, nous avons, alors, organisé un contrôle pratique des ferments fournis aux fromageries normandes : en dehors de la confirmation maintes fois répétée des faits précédents, nous avons été frappés de la fréquence des germes de contamination (coliformes, entérocoques, *Welchia perfringens*, voire spores de *Penicillium glaucum*) qui existaient dans la plupart des suspensions aqueuses. Quant aux ferments concentrés, destinés à lutter contre le « bleu », le nombre de spores total, numérées à l'hématimètre, était toujours considérablement supérieur à celui des spores vivantes, quoique celles-ci existâssent, généralement, en nombre très suffisant en pratique. Nous avons, en outre, observé une véritable action antibiotique contre le *P. caseicolum* exercée par certains *Pseudomonas* apportés par les eaux de lavage du matériel.

Si l'on compare aux exigences de pH de la moisissure blanche, celles du *P. camemberti* Thom [= *P. album* Preuss ([5])] que les fromagers préféraient autrefois comme donnant des fromages de goût plus fin, mais à végétation grisâtre, on s'aperçoit qu'elles sont beaucoup moins sévères. Quant à celles des différents *P. glaucum*, que l'on peut récolter sur les camemberts anormaux, elles sont encore moins grandes. On peut déjà donc dire qu'une élimination s'est faite, et que lors de l'accident, certaines conditions de milieu ne convenant pas au *P. caseicolum*, trop strict dans ses besoins, ont en quelque sorte sélectionné, en les laissant seuls pousser, des *Penicillia* à spores bleues beaucoup plus largement tolérants. La réalisation de cultures affrontées sur tubes de lactosérum de salinité croissante, par ensemencement d'un nombre égal de spores d'une souche acidophile de *P. caseicolum* et d'une souche de *P. glaucum* est tout à fait démonstrative à cet égard. A pH 4,5, seul le champignon blanc apparaît, d'une façon précoce et vigoureuse jusqu'à un taux de 20 % de sel. A pH 8,2, en revanche, cette espèce ne végète guère et très faiblement que jusqu'à

un taux de 6 % de sel, et c'est le *P. glaucum* qui s'avère tout à fait dominant.

La précocité d'ensemencement est, enfin, très importante : un salage trop tardif, laissant pousser exagérément des *Geotrichum candidum* Link et les levures, empêche le *P. caseicolum* de s'installer. De même, l'utilisation de souches abâtardies, comme la réalisation de conditions du milieu défavorables jouent dans le même sens. Notons enfin, que la rapidité d'apparition et de production maximale de végétation des espèces néfastes nous est toujours apparue un peu plus courte (24 h) que celles des espèces utiles.

En tenant compte de ces diverses observations, un certain nombre de recommandations ont pu être édictées pour lutter contre l'accident du « bleu » :

— assurer la propreté du matériel et des locaux;

— bien choisir et surveiller les eaux (qui ne doivent pas constituer un ensemencement de *P. glaucum*, ni renfermer d'espèces microbiennes à action destructive du *P. caseicolum*), le sel, les ferments. Ces derniers doivent être un mélange de plusieurs souches, capables de s'installer rapidement sur le caillé de façon à couvrir une zone étendue de pH de croissance, et toutes suffisamment vigoureuses. Les conidiospores doivent avoir été récoltées suffisamment âgées, dans d'excellentes conditions de propreté bactériologique. C'est, d'ailleurs, pour éviter des *Penicillia* trop exigeants, trop faibles ou trop lents, que l'habitude a été prise par les fromagers de changer de fournisseur de ferments, lors de constatation d'un tel accident de fabrication; et, du point de vue curatif, pour faire occuper très rapidement la surface par des espèces vigoureuses, celle de broyer dans le lait mis en fabrication quelques bondes de Neufchâtel;

— réaliser un milieu favorable à l'espèce ensemencée, facteur absolument essentiel en cette matière, notamment en ce qui concerne le pH.

(1) *Species plantarum*, 6, 1824, p. 70.
(2) *Ann. Inst. Pasteur*, 19, 1905, p. 378 et 481.
(3) *The Penicillia*, 1 vol., Williams et Wilkins, éd., Baltimore.
(4) *Bull. Soc. myc. Fr.*, 23, 1907, p. 94.
(5) *Linnæa*, 24, 1851, p. 135.

SÉROLOGIE. — *Méthode rapide de détection des hémagglutinines irrégulières.* Note de MM. **Jean Fine** et **Jean Moullec**, présentée par M. René Dujarric de la Rivière.

Les anticorps qui apparaissent dans le sérum humain à la suite d'une iso-immunisation fœto-maternelle ou post-transfusionnelle provoquée par un antigène appartenant à l'un des nombreux systèmes de groupes sanguins, — le plus souvent au système Rh, — sont en majorité des anticorps incomplets. Ils se fixent sur les globules rouges homologues, mais ne les

agglutinent pas quand ils sont en suspension dans l'eau salée isotonique. On peut les mettre en évidence à l'aide de trois réactions principales d'inégale sensibilité. La première consiste à employer, au lieu d'eau physiologique comme milieu de suspension, une solution albumineuse qui permet aux globules rouges de s'agglutiner. La seconde consiste à faire agir sur les globules rouges qui ont fixé la globuline-anticorps un sérum antiglobulinique (réaction indirecte de Coombs). La troisième recourt à la modification des globules rouges que l'on va utiliser par un enzyme protéolytique (trypsine ou papaïne) : cette modification, quand on évite de la rendre trop profonde, permet aux globules rouges ainsi traités d'être agglutinés par l'anticorps incomplet même quand ils sont en suspension dans l'eau salée isotonique.

Cette dernière technique, la plus sensible de toutes, présente quelques difficultés d'exécution qui pourraient la rendre difficilement applicable aux grandes séries. Nous présentons dans cette Note une méthode d'exécution beaucoup plus simple que la méthode classique et donnant des résultats aussi fidèles que cette dernière. Elle permet, en effet, d'observer l'agglutination directe et instantanée d'hématies papaïnées sur une plaque d'opaline maintenue à une température de 40° C.

Technique. — Des globules rouges de groupe O Rh-positif (de sous-groupe CcDE (Rh_1Rh_2) lavés à trois reprises dans de l'eau salée isotonique (8,5 g °/₀₀ de chlorure de sodium) sont traités par un volume égal de solution de papaïne purifiée [1] sous un volume de 0,5 ml.

Après un séjour de 45 mn à l'étuve à 37° C, ces hématies sont lavées à deux reprises dans l'eau salée isotonique et mises en suspension à 10 % dans ce même liquide.

Le sérum à examiner est dilué au 1/10ᵉ et une goutte de cette dilution est mélangée sur une plaque d'opaline maintenue à 40° C avec une goutte de la suspension d'hématies modifiées.

Une agglutination apparaît en quelques secondes quand le sérum contient une agglutinine irrégulière.

On peut, par cette même méthode, titrer les sérums qui ont donné une réaction positive, et étudier le type de l'agglutinine en cause.

Résultats de l'expérimentation. — La spécificité de cette réaction a été vérifiée à l'aide d'anticorps connus, réagissant avec des agglutinogènes divers du système Rh.

Sur 389 sérums, nous avons pratiqué concurremment la réaction indirecte de Coombs, la réaction classique par titrage en tubes au moyen d'une suspension d'hématies papaïnées, lue après un séjour d'une heure et demie au bain-marie à 37° C, et enfin la méthode décrite ci-dessus. Les deux dernières techniques ont donné des résultats entièrement superposables.

L'examen de 992 sérums provenant de femmes enceintes Rh-négatives, nous a permis d'observer 48 réactions positives, à partir desquelles une étude complète de la spécificité a permis d'établir qu'il s'agissait bien d'anticorps du système Rh.

Quand une discordance s'est manifestée entre les résultats du test de Coombs et ceux de notre technique, elle a toujours été en faveur de cette dernière, démontrant une plus grande sensibilité.

Enfin, dans les conditions indiquées, nous n'avons observé aucune agglutination non spécifique.

La simplicité et la sensibilité de cette méthode permettent d'envisager son application pratique au dépistage systématique des isoanticorps irréguliers chez les femmes enceintes.

Il faut souligner la grande importance que présentent diverses conditions expérimentales : il est nécessaire d'employer un enzyme suffisamment purifié, des globules rouges soigneusement débarrassés de leur plasma ou de leur sérum, de les traiter pendant un temps soigneusement calculé, et d'arrêter l'activité enzymatique par lavage avant de les mettre en suspension.

L'intérêt que présente ce type de réaction dans le domaine de la recherche n'est pas négligeable. Sans insister sur l'importance théorique bien connue du fait que les hématies en suspension dans l'eau isotonique, non agglutinables à l'état normal par les anticorps incomplets, le deviennent après action de l'enzyme, on peut penser que cette méthode, par sa simplicité, pourra rendre des services pour l'étude des iso-immunisations animales.

(1) Enzyme protéolytique de l'Institut Pasteur.

IMMUNOLOGIE. — *Contribution à l'étude de l'action des antibiotiques sur l'immunité. Facteurs influençant l'action du chloramphénicol sur les antigènes des Salmonelles.* Note de MM. **Aldo Farhi** et **André Lamensans**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

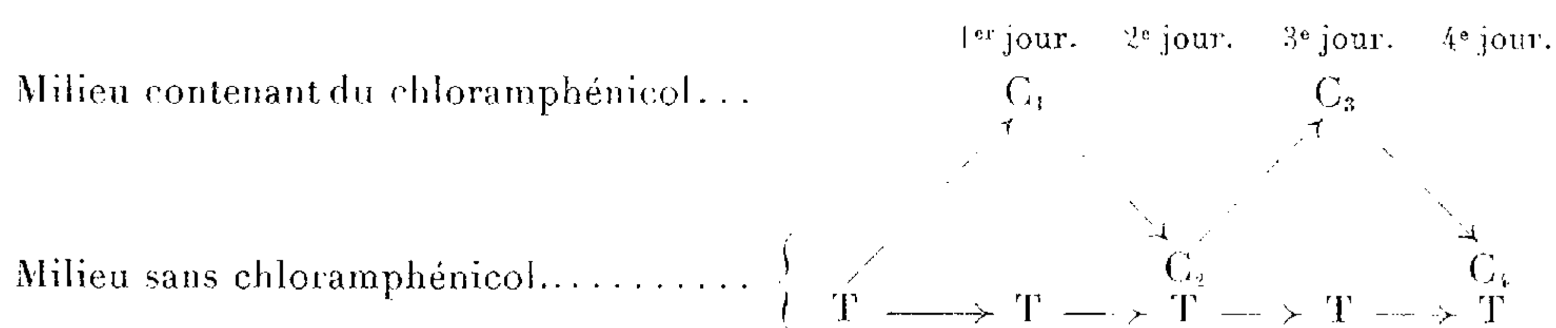
Le chloramphénicol, après un contact de 5 h avec une souche de *S. typhi* Vi +, O-hypoagglutinable, la rend O-hyperagglutinable et Vi-hypoagglutinable. En absence d'antibiotique, les germes préalablement modifiés redeviennent rapidement normaux. La modification antigénique apparaît pour une concentration de 3 $\mu g/cm^3$. L'emploi d'un bactériophage Vi a confirmé les résultats concernant l'antigène Vi.

Dans une Note précédente (1), nous avons étudié la modification, *in vitro*, des caractères antigéniques d'une souche de *Salmonella typhi* sous l'action du chloramphénicol. Le présent travail se rapporte aux modalités de ce phénomène, notamment : *a.* le temps minimum nécessaire à son apparition; *b.* la stabilité de la modification observée; *c.* la concentration minimum d'antibiotique nécessaire pour produire le phénomène.

1. Temps minimum d'action du chloramphénicol. — En utilisant les techniques indiquées dans notre précédente Note (1), nous avons observé

que, 5 h après l'addition du chloramphénicol, les germes soumis à son action sont déjà en bactériostase complète. Parallèlement, ils se révèlent O-hyperagglutinables et Vi-hypoagglutinables.

2. STABILITÉ DE LA MODIFICATION OBSERVÉE. — A. *Techniques.* — La souche Ty 2 est cultivée alternativement en présence et en absence d'antibiotique suivant le schéma ci-dessous. Chaque culture de 18 à 20 h est lavée stérilement avant de servir à l'ensemencement de la culture suivante :



B. *Résultats.* — Les différentes cultures de germes T, normaux, ont toujours montré les mêmes caractères : nombre de germes relativement constant, O-hypoagglutinabilité, Vi-agglutinabilité très positive. Il en a été de même des germes C_2 et C_4. Par contre, les germes C_1 et C_3, qui ont subi l'action bactériostatique du chloramphénicol, étaient en concentrations très inférieures, O-hyperagglutinables et Vi-hypoagglutinables.

La réversibilité de la modification, observée sur les cultures en milieu sans chloramphénicol, a été confirmée par l'emploi du bactériophage Vi. Ce dernier, agissant sur des cultures sur gélose ordinaire, faites à partir de germes ayant subi ou non l'action de l'antibiotique, a provoqué une lyse identique dans les deux cas.

3. CONCENTRATION MINIMUM EFFICACE DE CHLORAMPHÉNICOL. — On a déterminé l'agglutinabilité de germes T, normaux, ensemencés dans des milieux liquides contenant des concentrations croissantes de chloramphénicol.

Résultats. — Les concentrations d'antibiotique supérieures ou égales à 5 $\mu g/cm^3$ inhibent tout développement de germes ; la concentration de 3 $\mu g/cm^3$ permet une culture mais l'action bactériostatique est déjà notable et les germes se révèlent nettement O-agglutinables et Vi-hypoagglutinables.

Ces observations ont été confirmées par l'emploi du bactériophage Vi. Alors que, sur une culture de germes T, normaux, le phage lyse 99 % des germes, la lyse qu'il provoque dans une culture de ces mêmes germes en présence d'une concentration aussi faible que 3 $\mu g/cm^3$ d'antibiotique, ne touche que 60 % des germes environ.

Par ailleurs, les modifications antigéniques provoquées par le chloramphénicol ne sont pas particulières à *S. typhi*. Une souche Vi positive,

O-hypoagglutinable, de *Salmonella para C* (souche East-Africa), soumise à l'action de l'antibiotique, devient Vi-hypoagglutinable et nettement O-agglutinable.

4. CONCLUSIONS. — A la lumière des résultats obtenus dans ces expériences et les précédentes, il semble que l'action du chloramphénicol dans le traitement des salmonelloses fasse intervenir, en plus d'une diminution du nombre de germes (d'où sollicitation antigénique moindre), deux facteurs différents : 1° une action physiologique légèrement défavorable sur le terrain ([2]); 2° une modification antigénique des germes infectants : les anticorps produits par l'organisme en réponse à la présence des germes modifiés sont moins protecteurs que les anticorps normaux, à l'égard de germes non touchés par le chloramphénicol ([1]); cette modification disparaît rapidement en l'absence de l'antibiotique.

On peut donc concevoir, sur le plan clinique, que, chez les malades traités par le chloramphénicol, les germes en contact avec l'antibiotique subissent l'altération antigénique décrite; mais les survivants éventuels retrouvent leurs caractères normaux en se multipliant, lors de la cessation du traitement. Par ailleurs, l'existence possible de germes, dans des repaires anatomiques qui les soustraient à l'action du chloramphénicol, constitue une autre source de germes à caractères antigéniques normaux; ces germes sortent de leurs gîtes après l'arrêt de l'administration de l'antibiotique. Il s'ensuit que le terrain, doublement démuni des défenses immunologiques classiques, ne peut s'opposer efficacement à la reprise de la maladie par développement de germes normaux résiduels, ou à une réinfection ultérieure par une souche différente.

Ces différents facteurs pourraient expliquer l'augmentation du nombre des rechutes et des réinfections, observée en clinique, depuis l'utilisation du chloramphénicol dans le traitement des fièvres typho-paratyphoïdes.

([1]) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 684.
([2]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1894 et 2015; 243, 1956, p. 613.

A 15 h 45 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser la liste des candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*, présente la liste suivante :

En première ligne.......... M. **Gaston Delépine**, à Lille.

En deuxième ligne, ex-æquo, *et par ordre alphabétique*..... MM. **Jean-Lucien Andrieux**, à Grenoble.
Pierre Dangeard, à Bordeaux.
Gabriel Foëx, à Strasbourg.
Henri Milloux, à Caudéran.
Léon Moret, à Grenoble.

A ces noms, l'Académie adjoint celui de M. **Henri Besairie**, à Tananarive.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 16 h 45 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 2 juillet 1956.)

Note présentée le même jour, de MM. *Kunio Yagi, Serge Tonus* et Mme *Yvonne Khouvine,* Incorporation du ^{32}P dans les acides nucléiques de l'homogénat et des mitonchodries de l'épithélioma atypique du Rat :

Page 107, deux dernières lignes du tableau, *au lieu de* Cps./G, Cps./mol CO_2 dégagé/h/mg N, *lire* Cps./G, [Cps./mol CO_2 dégagé/h/mg N]$\times 10^{-7}$ et *au lieu de* Cps./R, Cps.1/2 atome O absorbé/h/mgN, *lire* Cps,/R, [Cps./1/2 atome O absorbé/h/mg N]$\times 10^{-7}$.

(*Comptes rendus* du 5 octobre 1953.)

Note présentée le 15 juillet 1953, de MM. *Gustave Vavon* et *Marcel de Botton,* Sur l'isomérie des acides camphane carboniques :

Page 729, 9e ligne en remontant, *au lieu de* $+14°,2$, *lire* $+30°$.

Page 730, sous le graphique, *au lieu de* ● Point de fusion commençante; ○ Point de fusion finissante; *lire* ○ Point de fusion commençante; ● Point de fusion finissante.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ENDOCRINOLOGIE. — *Nouvelle contribution à l'étude des rapports entre la post-hypophyse et la thyroïde.* Note de MM. **Robert Courrier** et **Louis Zizine**.

L'administration, courte ou prolongée, d'extrait post-hypophysaire ne modifie pas l'activité thyroïdienne du Rat, comme en témoignent la mesure de la fixation thyroïdienne de l'iode radioactif et le rapport des radioactivités globulaire et plasmatique.

Il fut constaté, en 1951, que la thyroxine radioactive se concentre électivement, non pas dans le lobe antérieur, mais dans le lobe postérieur de l'hypophyse du Lapin (1). Il a été montré ensuite que d'autres substances thyroïdiennes marquées peuvent également se localiser dans la post-hypophyse du Lapin, et que cette accumulation élective est plus ou moins intense selon la nature de la substance administrée; c'est ainsi que la 3-5-3′ triiodothyronine se concentre d'une façon beaucoup plus importante que son isomère, la 3.3′-5′ triiodothyronine (2). Ces faits expérimentaux, notés aussi par divers auteurs (3), (4), nous ont amenés à élargir le cadre des rapports entre la post-hypophyse et la thyroïde, et à envisager l'action des sécrétions post-hypophysaires sur l'activité thyroïdienne.

Deux critères d'activité thyroïdienne ont été utilisés : d'une part, la mesure du pourcentage d'iode radioactif qui pénètre dans la thyroïde; d'autre part, la détermination du rapport : radioactivité des hématies/radioactivité du plasma ou rapport H/P qui, comme il a été démontré (5), mesure avec précision et simplicité le pouvoir d'élaboration hormonale de la glande.

Dans une première série de recherches, nous avons étudié l'action d'une injection unique d'un extrait post-hypophysaire total sur l'activité thyroïdienne du Rat. Le schéma expérimental suivant a été adopté. Deux groupes de huit rats mâles Wistar, d'un poids moyen de 150 g, ont été mis à un régime pauvre en iode (régime de Remington, modifié par Money), et placés dans une chambre chaude à température constante (25°). Après

10 jours de ce régime, les animaux d'un des groupes ont été soumis à une injection intrapéritonéale de 0,5 unité d'extrait post-hypophysaire (U.S.P. standard). Les rats de l'autre groupe ont reçu une injection intrapéritonéale d'un même volume de sérum physiologique. 12 h plus tard, une dose de 10 μC de ^{131}I par 100 g de poids corporel fut administrée par voie intrapéritonéale à tous les animaux. 20 h après l'injection d'iode, les animaux furent sacrifiés. Après centrifugation du sang recueilli sur héparine, la radioactivité fut mesurée sur des échantillons d'hématies et de plasma, et le rapport H/P fut déterminé. Les thyroïdes furent prélevées et le pourcentage de la dose d'iode fixé par la glande fut mesuré. Les moyennes des résultats ont été consignées dans le tableau suivant.

Animaux.	Rapport H/P.	Fixation ^{131}I %.
Rats + sérum physiologique (1 injection).....................	0,16 ± 0,03 (*)	35 % ± 6
Rats + ext. post-hypophysaire (1 injection).....................	0,18 ± 0,04	37 % ± 8

(*) Déviation standard.

Dans une deuxième série d'expériences, l'activité thyroïdienne fut évaluée à l'aide des mêmes critères, après l'administration prolongée du même extrait post-hypophysaire. Quatre groupes de huit rats mâles Wistar ont été placés dans les conditions expérimentales antérieurement décrites (régime de Remington, température de 25°). Après une période préparatoire de 10 jours, l'expérience proprement dite fut entreprise. Pendant deux semaines consécutives, un des groupes fut soumis à des injections quotidiennes sous-cutanées de 0,5 unité d'extrait post-hypophysaire (U. S. P. standard). Un deuxième groupe reçut des injections intrapéritonéales quotidiennes de 10 γ de thyroxine. A un troisième groupe furent administrées des injections simultanées de thyroxine (10 γ) et d'extrait post-hypophysaire (0,5 unité). Le quatrième groupe, enfin, fut soumis à des injections de sérum physiologique. Quinze jours après le début du traitement, tous les animaux reçurent une injection intrapéritonéale de ^{131}I à la dose de 10 μC par 100 g de poids corporel. 20 h plus tard, les animaux furent sacrifiés, et la radioactivité fut déterminée dans les fractions sanguines, ainsi que dans les thyroïdes. Le tableau suivant rend compte des résultats moyens obtenus dans chacun des groupes.

Animaux.	Rapport H/P.	Fixation ^{131}I %.
Rats + sérum physiologique (14 injections).................	0,17 ± 0,02 (*)	47 % ± 7
Rats + extrait post-hypophysaire (14 injections)..............	0,16 ± 0,03	40 % ± 6
Rats + thyroxine (14 injections).	0,64 ± 0,04	8 % ± 5
Rats + thyroxine et extrait post-hypophysaire (14 injections)..	0,61 ± 0,06	6 % ± 9

(*) Déviation standard.

L'examen des deux séries de résultats permet de constater que l'administration, courte ou prolongée, d'extrait post-hypophysaire n'a exercé aucune influence significative, tant sur la fixation thyroïdienne de ^{131}I que sur le rapport H/P. Il ressort donc de notre expérimentation que l'extrait de post-hypophyse ne provoque, chez le Rat du moins, ni une stimulation, ni un amoindrissement de l'activité thyroïdienne.

Nos résultats diffèrent de ceux rapportés par R. Dubreuil et L. Martini (6). Dans une publication très récente, ces auteurs notent, en effet, que l'injection d'hormone anti-diurétique à des rats entraîne une augmentation fonctionnelle de la thyroïde. Il convient de remarquer que ces auteurs ne font pas mention du régime alimentaire auquel sont soumis leurs animaux. De plus, l'activité thyroïdienne n'est évaluée que par la seule mesure de la fixation thyroïdienne d'iode radioactif. Enfin, la substance administrée par Dubreuil et Martini — hormone anti-diurétique — n'est pas absolument identique à celle que nous avons utilisée dans nos propres expériences : extrait post-hypophysaire total.

De nombreux faits expérimentaux plaident en faveur d'une action directe de l'hypothalamus sur l'hypophyse antérieure. Par ailleurs, certains auteurs pensent que les hormones post-hypophysaires seraient élaborées par l'hypothalamus et pourraient, par la circulation porte, stimuler le lobe antérieur de l'hypophyse. Il semble que l'origine hypothalamique de la pitressine et de l'ocytocine ait entraîné une certaine confusion. Plusieurs auteurs, en particulier R. Guillemin (7), viennent d'isoler, de l'hypothalamus, des fractions polypeptidiques, distinctes des hormones post-hypophysaires, qui sont capables de déclencher électivement la sécrétion de corticotrophine par l'hypophyse. Les résultats de notre expérimentation qui traduisent, chez le Rat du moins, une indifférence de la thyroïde à l'égard de la post-hypophyse, n'en excluent pas pour autant la participation de l'hypothalamus à la régulation de la thyréostimuline hypophysaire; ils permettent, au contraire, d'envisager l'existence et la spécificité de sécrétions hypothalamiques autonomes.

(1) R. Courrier, A. Horeau, M. Marois et F. Morel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 776.
(2) R. Courrier, J. Roche, O. Michel, R. Michel et A. Colonge, *Société de Chimie biologique*, séance du 17 juillet 1956 à Dijon.
(3) D. Ford, M. Pozner et J. Gross, *Anat. Rec.*, 121, 1955, p. 294.
(4) A. Taurog, G. Harris, W. Tong et J. Chaikoff, *Endocrinology*, 59, 1956, p. 34.
(5) R. Courrier, F. Morel, A. Colonge et S. André, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 425.
(6) *XXe Congrès international de Physiologie*, Bruxelles, juillet 1956.
(7) *XXe Congrès international de Physiologie*, Bruxelles, juillet 1956.

ÉPISTÉMOLOGIE. — *Types divers d'évolution irréversible.*
Note de M. **Georges Bouligand**.

Il s'agit de l'étroite similarité entre deux types insignes d'évolution : celui de la pensée visant à amplifier et préciser la connaissance scientifique et celui du machinisme. L'attention se porte d'ailleurs des premiers stades reconnus dignes d'intérêt aux plus récents.

1. Je prolonge ici deux Notes N et N' où j'ai préconisé un repérage de la pensée mathématique ([1]), c'est-à-dire l'appui de méthodes comparatives en faveur d'une recherche assignée, appui donnant au chercheur des moyens permanents de s'interroger au départ, compte tenu de situations indépendantes de l'objectif poursuivi. Sur le plan pratique, ces moyens intéressent au moins celui dont la vocation de chercheur tarde, malgré la garantie de bases solides, à se déclarer. C'est un autre aspect des choses quand, pour l'ensemble de l'analyse mathématique, on reprend le souci de prévision hilbertien, à savoir : dresser des listes de problèmes non résolus et pouvant, au cours des vingt ou trente ans suivants, sinon l'être, du moins avoir inspiré en cette période les progrès les plus décisifs. En ce genre où la prévision est pleine d'aléa, D. Hilbert a marqué une réussite notoire ([2]). On en induit que l'évolution mathématique se plie à un déterminisme partiel ([3]).

2. En vue de préciser la nature de ce processus, la recherche va s'amorcer comparativement à d'autres types d'évolution. Un schème à retenir serait celui du champ de demi-cônes convexes d'un espace R^n, les lignes intégrales pouvant fournir, en prenant n assez grand, les diagrammes approchés d'une telle évolution ([4]). A ce sujet, on pourrait arguer que, de temps à autre, la coordination scientifique appelle des efforts de révision des bases, pour préciser les relations admises et leur en adjoindre de nouvelles; et qu'eu égard à des compensations statistiques, effectives depuis 200 ans, ce qui vise à des fins d'amélioration ne prend pas le contre-pied systématique de ce qu'on admettait. D'où une condition d'angle aigu promouvant ce genre de schéme, en lequel on peut voir aussi un système d'inégalités différentielles qui deviendraient équations si, de plus en plus effilé, le demi-cône se réduisait partout à une demi-droite (déterminisme total).

3. Mais la géométrisation ci-dessus étant restée conceptuelle, mieux vaut ne pas négliger des comparaisons plus directes. On peut songer aux postulats de l'énergétique de P. Duhem ([5]) et à leurs conséquences. D'où un schème, auquel on pourrait rallier celui du n° 2, les valeurs numériques à requérir ayant une indécision qui partout supplante les égalités par des inégalités. Mais, devant la complexité de ce nouveau type d'évolution irréversible, mieux vaut un recours plus simple et plus naturel.

4. Ce n'est pas pur hasard si le langage accuse, entre la matière et la pensée soucieuse de précision, nombre de contacts assez frappants ([6]). Par exemple en face du mouvement matériel produit à l'état libre ou à l'état de contrainte, le dynamisme de la pensée peut s'exercer libre ou contraint. Il peut aussi, contraint pendant des siècles, s'affranchir brusquement. Un seul exemple : option d'Einstein en faveur de l'espace-temps. On explique ainsi ces rencontres : les genres de pensée qui nous occupent se sont façonnés et ramifiés par devant la matière et les phénomènes afférents, sans détriment des apports des enchaînements d'idées. Mais, on va le voir, il n'y a là qu'un effet secondaire, et en s'y tenant, on laisserait échapper ce qu'il y a de plus spécifique.

5. Notons-le d'abord, si le progrès a pu s'affirmer et à un rythme accéléré, il le doit pour beaucoup à un outillage, peu à peu enrichi, et souvent rénové du côté scientifique : on voyait ainsi se modifier, d'une part, les fondements des théories, d'autre part les réalisations techniques subissant l'influence des premières.

Face aux types de pensée visant à élargir et solidifier la connaissance, il y a donc lieu d'installer comparativement les types d'outils ou de machines qui soutinrent à travers les âges l'activité productrice. La question se pose alors, sur de longues périodes, de confronter le devenir de la pensée orientée vers la science pure et celui du machinisme. De plus en plus, s'affirme en ces deux ordres d'activité une continuité de l'action avec des réussites et des piétinements.

En matière purement intellectuelle, les réussites provoquent des phases durables, à partir d'idées novatrices à la suite desquelles une école travaille et se prolonge en léguant ses doctrines : ce qu'on observe alors est un *courant de pensée*. Plusieurs écoles peuvent coexister dans une branche de la science, mais rarement sur toute leur durée, d'où les incertitudes annoncées. Pris à part, le courant de pensée a quelque régularité, marquée par la préférence stable de certaines méthodes. Entre courants de pensée proches, il y a des interactions et entre autres, des oppositions plus ou moins tenaces. Elles motivent alors un retour aux principes, qui favorise en bien des cas le remplacement de plusieurs courants par un autre plus englobant.

En matière d'outillage et de machinisme, effets similaires, rendus plus nets dès qu'on décompose les machines en leurs constituants essentiels, chacun prenant sa personnalité de par le principe, exprimable sous forme concrète, qui en commande la réalisation. Ce principe a ici même rôle qu'une méthode, dans une activité intellectuelle. Ceci s'applique largement, qu'il s'agisse de champs vraiment théoriques (applications de l'algèbre ou de l'analyse à la géométrie, ou encore des matrices à la physique théorique) ou de champs mixtes (applications de la spectroscopie à l'examen

des constitutions stellaires, du repérage par le son à l'artillerie ou de la réflexion d'ondes à diverses détections). Sur le plan du machinisme, divers groupements de méthodes peuvent aussi coexister pour une partie de la durée de chacun; puis, unification et groupement plus propice qui supplante les précédents.

6. Ces constatations descriptives, tout en suggérant l'unité de comportement évolutif en deux domaines, séparés en général sous l'égide des étiquettes *sciences pures* et *sciences appliquées* ne sont pas encore assez convaincantes. Pour aller plus loin, notons, dans les types de pensée, ici invoqués, de grandes *potentialités opératoires*, dépassant celles que les mathématiciens retiennent effectivement dans l'arsenal de leurs opérations. Grâce à une épuration qui ne s'arrête jamais, ces types subissent tous l'attrait d'une forme pleinement opératoire et s'en rapprochent asymptotiquement. Chose bien connue dans les sciences déductives, mais qui s'étend aussi à toutes phases de l'activité en laboratoire : en effet, pour celles qui touchent à l'expérience, le travail s'oriente déjà de manière à tirer le meilleur parti des instruments disponibles et à parvenir, dans un délai raisonnable, à proximité du maximum d'information. L'expérimentateur est donc un stratège, pratiquant un jeu dont ses appareils sont les pièces. Ce qui témoigne en faveur d'un état asymptotique où l'opératoire prend rôle universel.

Et ceci m'amène à rappeler la remarque suivante : « La science des machines est à élargir dans une science des opérations humaines rationalisables : qu'elle soit exécutée par l'homme ou par la machine, une opération, dès lors qu'elle est conduite rationnellement, est justiciable du même type de théorie, implique les mêmes thèmes et les mêmes notions fondamentales. » Car ce passage, où son auteur a visé *les fondements de la théorie des machines* ([7]) a une portée plus grande, en livrant la base essentielle qui assure à la communauté d'essence de deux types insignes d'évolution irréversible. En cela, consiste le point précis que j'ai voulu établir.

7. En envisageant en bloc la pensée mathématique, on a un tissu spécialement riche en connexions; et qui les possède autant qu'Hilbert en est favorisé dans ses essais de prévision, et plus encore s'il s'applique, face à l'évolution afférente, à remédier aux hétérogénéités (*cf.* N', n° 4) ayant subsisté quelque temps dans la synthèse globale.

([1]) *Comptes rendus*, 242, 1956; note N, p. 2689 et note N', p. 2789. *Voir* aussi G. Bouligand, *Le repérage de la pensée*, Conférences Palais de la Découverte, A, n° 223, 1956.

([2]) *Congrès international des mathématiciens*, 2, Paris, 1900, p. 58 et suiv.

([3]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 634; *Bull. Soc. roy. Sc. Liège*, 4, 1935, p. 51; *Mécanique rationnelle*, 5e éd., 1954, p. 554.

(4) A. MARCHAUD, *Compositio Mathematica*, 3, 1936, p. 89-127.
(5) *Traité d'énergétique*, Paris, 1, 1911, p. 1 et suiv.
(6) H. BERGSON, *L'évolution créatrice*, Paris, 1907, p. V.
(7) F. RUSSO, *Rev. Quest. sc.*, Louvain, V, 6, p. 46.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la température sur l'activité catalasique et peroxydasique des levures.* Note de MM. **HANS VON EULER** et **HANS HASSELQUIST**.

Par des recherches antérieures il a été constaté (1) que l'activité catalasique des cellules de levure est augmentée jusqu'à un maximum quand on chauffe leur suspension aqueuse pendant quelques minutes aux températures de 55 à 60° C (*fig.* 1). Nos récentes expériences mettent en évidence que l'activité peroxydasique de ces mêmes cellules est également élevée par un chauffage de la suspension à la même température.

La levure vivante, suspendue dans une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène, tamponnée à pH 7, décompose ce peroxyde sans que la catalase traverse la membrane des cellules (2) et puisse être reconnue dans la solution de peroxyde d'hydrogène. Quand la température d'une telle solution s'élève au-dessus de 40°, deux réactions se passent successivement :

1° la catalase, renfermée dans les cellules, se dégage de sa combinaison avec des composés cellulaires qui inhibent l'activité catalasique; elle regagne, à l'état libre, sa réactivité normale;

2° une dénaturation de l'apo-enzyme protéinique de la catalase commence à se montrer au-dessus de $\sim 40°$ et la protéine dénaturée se sépare progressivement de la protohémine qui fonctionne comme groupe prosthétique de la catalase; la protohémine, isolée de l'apo-enzyme protéinique est presque inactive envers le peroxyde d'hydrogène.

En résumé, le groupe prosthétique de la catalase, la protohémine, est activé (comme chaque co-enzyme) par son apo-enzyme protéinique tandis que la catalase complète (protohémine + protéine) est désactivée par la combinaison avec une substance intracellulaire de structure inconnue. Dans la solution aqueuse, la catalase reprend son activité normale.

C'est par le concours de ces deux réactions que l'activité catalasique passe par un maximum (*fig.* 1).

La même influence que sur la levure a été constatée sur d'autres cellules, par exemple sur les érythrocytes (3a) et sur les réticulocytes (3b), aussi sur l'extrait du lard de porc (4), sur des feuilles vertes (5).

Des activations catalasiques analogues ont été provoquées par le chloroforme, le butanol et par d'autres poisons protoplasmasiques (6). Au cours des dernières années J. Gordin Kaplan (7) a publié des recherches détaillées sur ce phénomène, qu'il désigne sous le nom de « Euler-effect » (8).

Le résultat que nous présentons ici concerne l'influence de la température sur la réactivité peroxydasique des levures; nous mesurons cette réactivité par la formation de la purpurogalline au sein d'une solution de pyrogallol dans l'eau oxygénée ([9]).

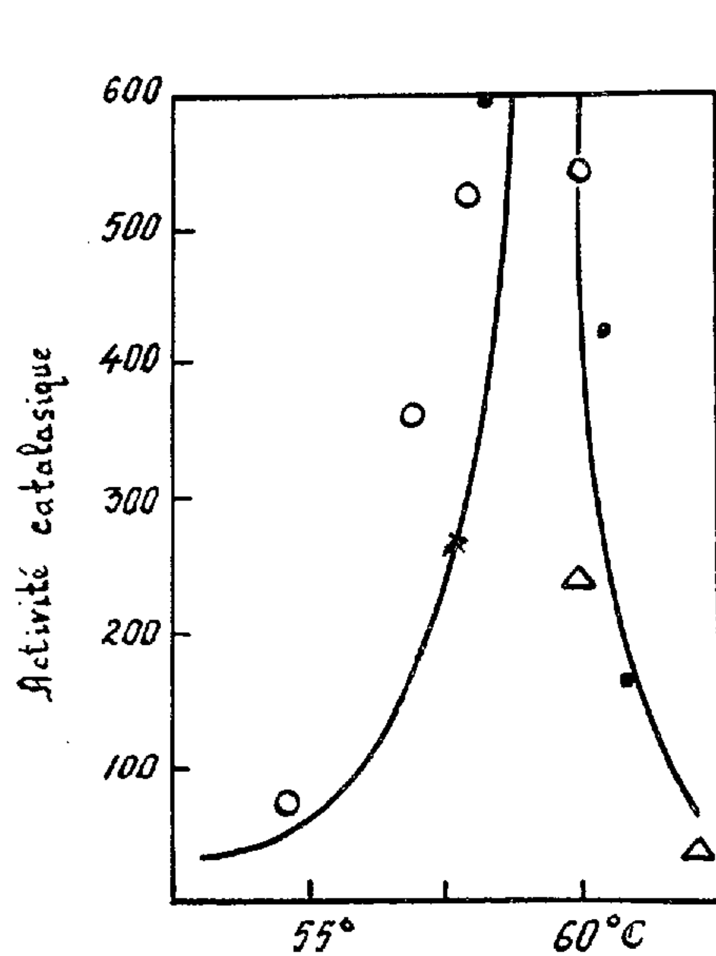


Fig. 1.

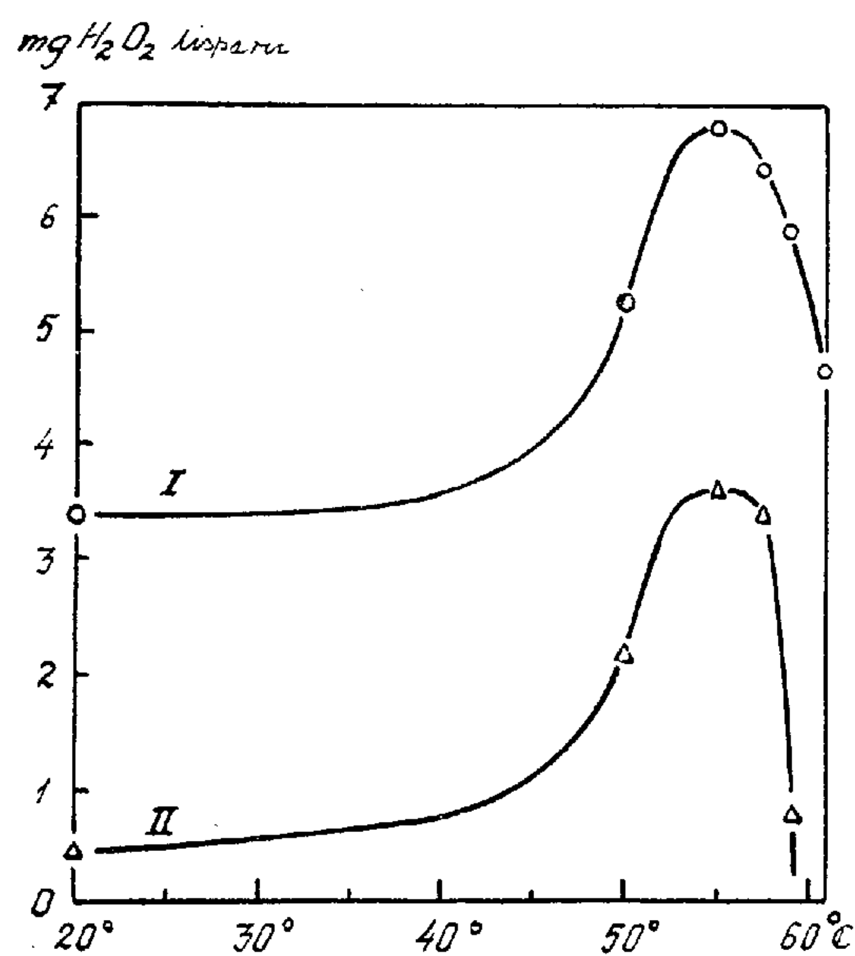


Fig. 2.

L'expérience suivante montre notre procédé de travail. Une suspension de 0,4 g de levure de brasserie dans 100 ml de solution de phosphate, tamponnée à pH 6,6 fut chauffée pendant 30 mn aux températures croissantes de 30 à 60°, puis refroidie à 20°. Une prise de cette suspension fut utilisée pour la détermination des réactivités catalasiques et peroxidasiques dans les mélanges suivants :

1° 1 ml de suspension de levure;
5 ml de solution de phosphates pH 6,8;
20 ml de solution de H_2O_2 0,02 norm.;

2° 1 ml de suspension de levure;
5 ml de solution de phosphates pH 6,8;
97,5 mg de pyrogallol dans 19,5 ml.

On détermine la quantité de peroxyde d'hydrogène détruite par la réaction catalasique (= quantité d'oxygène dégagé) et l'on déduit les valeurs correspondantes (courbe II) des quantités de purpurogalline formées.

L'examen de la figure 2 montre :

a. la coïncidence des maxima d'activité catalasique et peroxydasique (courbes I et II);

b. le fait que les valeurs de l'activité peroxydasique (courbe II) sont inférieures à celles de l'activité catalasique (courbe I).

Ces faits sont en faveur de l'hypothèse suivant laquelle *l'activité peroxydasique comporte une libération enzymatique d'hydrogène, donc une activité catalasique.*

Rappelons maintenant que ces deux réactions enzymatiques fonctionnent avec le concours du même groupe prosthétique ([10]), ([11]) qui se combine avec le peroxyde.

Il n'est pas dans notre intention de résumer ici les controverses sur la spécificité des divers enzymes oxydants; nous nous bornerons à préciser les points suivants : contrairement à l'opinion émise en 1903 par Chodat et Bach que la laccase est un mélange d'une peroxydase et d'une oxygénase, il est à présent bien établi qu'il n'y a pas de relation directe entre ces deux types d'enzymes ([12]), ([13]).

Dans le grand domaine des oxydases, révélé par les travaux de Gabriel Bertrand, les polyphénolases ont été caractérisées premièrement par leur représentant le plus important, la laccase ([14]). De même, les monophénolases ont été clairement définies par la découverte de la tyrosinase ([15]). Dans la suite, les unes et les autres furent exactement différenciées par Didier Bertrand ([16]) des indophénol-oxydases et des cytochrome-oxydases de Keilin et Hartree ([17]).

Quant à l'activité de la peroxydase, dans les conditions de nos expériences (pH 6,8), le pouvoir oxydant de la molécule O_2 envers le pyrogallol est très faible. Le résultat de l'expérience rapportée plus haut (*fig.* 2) semble indiquer que *l'oxygène* se trouve au moment de son dégagement du complexe protohémine-hydroperoxyde *dans un état de forte activité.* Cependant notre hypothèse qu'il s'agit des *radicaux* O *d'oxygène* requiert de nouvelles expériences cinétiques, spectrométriques et magnétiques. Nous continuons actuellement ces recherches.

(1) H. von Euler et R. Blix, *Z. physiol. Chem.*, 105, 1919, p. 83.
(2) G. Phragmén, *Medd. Vet. Akad. Nobelinst.*, 5, n° 22, 1919.
(3) *a.* H. von Euler, *Biochem. Z.*, 102, 1930, p. 124; *b. Arkiv Kemi* (sous presse).
(4) J. Bodnár et J. Bártfai, *Z. Physiol. Chem.*, 244, 1936, p. 225.
(5) H. von Euler et J. von Euler, *Arkiv Kemi, Min. Géol.*, 26 A, 1949, p. 22.
(6) H. von Euler et R. Blix, *loc. cit.*; H. von Euler et H. Hellström, *Z. Physiol. Chem.*, 190, 1920, p. 189.
(7) *J. colloid Sc.*, 7, 1952, p. 382; *Canad. J. Biochem. and Physiol.*, 34, 1956, p. 25,
(8) J. Gordin Kaplan, *Exper. Cell Research*, 8, 1955, p. 305.
(9) R. Willstätter et A. Stoll, *Lieb. Ann. Chem.*, 416, 1918, p. 21.
(10) K. Zeile, H. von Euler et H. Hellström, *Sv. Kem. Tidskr.*, 42, 1930, p. 74.
(11) R. Kuhn, D. B. Hand et M. Florkin, *Z. physiol. Chem.*, 201, 1933, p. 255.
(12) D. Keilin, *Proc. Roy. Soc.*, B, 104, 1929, p. 206.
(13) K. Suminkura, *Biochem. Z.*, 224, 1930, p. 292.

([14]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 1215; *Comptes rendus*, 120, 1895, p. 266; *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 1032.

([15]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, 122, 1896, p. 1315; 145, 1907, p. 1352; *Bull. Soc. Chim.*, (3), 15, p. 791; (4), 3, 1908, p. 335.

([16]) D. Bertrand, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 1474; 29, 1947, p. 613 et 930.

([17]) D. Keilin et Hartree, *Proc. Roy. Soc.*, B, 125, 1938, p. 171; D. Keilin et T. Mann, *Nature*, 143, 1939, p. 23.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie le *Volume offert en hommage à M. Arnaud Denjoy*, qui fait partie du tome trente-cinquième du *Journal de Mathématiques pures et appliquées*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *Henri Devaux*, décédé.

Le nombre des votants étant 60, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages
M. Gaston Delépine	38
M. Jean-Lucien Andrieux	7
M. Gabriel Foëx	5
M. Henri Milloux	5
M. Pierre Dangeard	4
M. Henri Besairie	1

M. **Gaston Delépine**, ayant obtenu la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

PLIS CACHETÉS.

A la demande des auteurs, sont ouverts par M. le Président, les plis cachetés acceptés :

— en la séance du 30 avril 1956 et enregistré sous le n° 13.561;

— en la séance du 4 juin 1956 et enregistrés sous les n°s 13.566 et 13.567.

Les documents qui en sont retirés seront soumis : le premier à la Section de Physique, le second à la Section de Zoologie, le troisième à la Section de Géologie.

NOMINATIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **Maurice Lemoigne** et **Raoul Combes** sont désignés pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'Institut National Agronomique, en remplacement de M. *Auguste Chevalier*, décédé, et de M. *Raoul Combes* dont les pouvoirs expireront le 31 décembre et qui est rééligible.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Georges Darmois** et **Maurice Fréchet** sont désignés pour représenter l'Académie à la XXXe Session de l'**Institut International de Statistique**, qui se tiendra à Stockholm, du 8 au 15 août 1957.

CORRESPONDANCE.

M. **K. M. Bykov**, Directeur de l'Institut de Physiologie de Leningrad, adresse des condoléances à l'occasion de la mort de M. *André Mayer*.

Le Directeur adjoint du **British Council** en France signale que des bourses d'études en Grande-Bretagne sont offertes par cet Organisme, pour l'année scolaire 1957-1958.

L'Académie est informée :

— de la Cérémonie qui aura lieu le 15 décembre 1956, à Cambridge (Angleterre), pour célébrer le centième anniversaire de la naissance de Sir **Joseph John Thomson** ;

— du **VIIe Congrès international du Cancer**, qui se tiendra à Londres, du 6 au 12 juillet 1958.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'instinct sexuel. Étude de psychologie animale*, par Louis Bounoure, in *La Science vivante*, dirigée par René Audubert ;

2° Territoire du Cameroun. *Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000e*. Levés effectués de 1950 à 1953. *Notice explicative sur la feuille Yaoundé-Est*, par G. CHAMPETIER DE RIBES et M. AUBAGUE;

3° *Sur des suites de Pell*, par VICTOR THÉBAULT, in *Mathesis*;

4° KURT PETTERSSON. *Stereochemical studies in the α-aryl carboxylic acid series with special reference to phenyl- and 2-thienyl-substituted compounds*. (Thèse, Uppsala);

5° LENNART JUHLIN. *Studies on the Dermal Connective Tissue Barrier*. (Thèse, Uppsala);

6° *Les Prix Nobel en* 1955;

7° A Ciba Foundation Symposium. *Ionizing Radiations and Cell Metabolism*;

8° Academia Republicii Populare Romîne. *Problem de Geografie*. Vol. I, II, III;

9° Id. Institutul de Terapeutica. *Probleme de Terapeutica*. Vol. I, II, III;

10° Id. Baza de Cercetari stiintifice, Timişoara. *Studii şi Cercetari ştiinţifice*, Anul I, 1954. Anul II, 1955 (Seria I, II);

11° Ceskoslovenska Akademie Věd. *Atlas Cœli* 1950.0, par ANTONIN BEČVAŘ.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur le premier cas du théorème de Fermat pour les exposants pairs*. Note (*) de M. **GEORGES OECONOMOU**, présentée par M. Paul Montel.

Par la méthode d'incompatibilité des congruences suivant les entiers convenablement choisis, le premier cas du théorème de Fermat peut être établi pour une large catégorie d'exposants *pairs*, qui contient, en particulier une infinité des doubles de nombres premiers. La présente Note expose l'idée de cette méthode et résume les résultats obtenus.

Une des plus anciennes méthodes pour tenter la démonstration du théorème de Fermat, a été la recherche des entiers q tels que l'équation de Fermat $x^n+y^n=z^n$ et les égalités d'Abel qu'on peut en tirer deviennent des congruences incompatibles (mod q).

On sait que, pour les exposants premiers impairs n, une telle méthode ne s'applique utilement qu'au premier cas [$xyz \not\equiv 0 \pmod{n}$] et n'est susceptible de donner quelque chose que pour les q premiers tels que $q\equiv 1 \pmod{n}$, $q \not\equiv 0 \pmod{3}$ (méthode de Sophie Germain) et pour $q=n^2$. D'ailleurs, malgré la force des critères obtenus par cette méthode (ou par d'autres), on ne sait pas encore démontrer que le premier cas du théorème de Fermat est vrai pour une infinité d'exposants premiers. Par contre, dans le cas plus facile où n est pair, la méthode d'incompatibilité des congruences peut être appliquée d'une manière très différente, grâce au fait que certaines expressions doivent être des carrés.

Dans cette méthode, les q utilisables peuvent être petits par rapport à n et un même q peut être utilisé pour l'étude d'une infinité d'exposants n (contrairement à ce qui a lieu dans la méthode de Sophie Germain).

Cette circonstance permet, en particulier, de prouver facilement qu'il existe une infinité de nombres premiers tels que l'équation

$$x^{2p}+y^{2p}=z^{2p}$$

n'ait aucune solution entière rationnelle telle que $xyz \not\equiv 0 \pmod n$.

Idée de la méthode. — Le théorème de Fermat étant prouvé pour $n=4$, on peut se borner, dans l'étude de l'équation

$$(1) \qquad x^{2n}+y^{2n}=z^{2n}$$

au cas, où $n>1$ est impair. Ceci posé, on dira que le théorème de Fermat est vrai dans le premier cas pour l'exposant $2n$, si l'équation considérée n'a aucune solution telle que xyz soit premier avec n (on suppose, bien entendu, que x, y, z sont premiers entre eux).

Supposons, au contraire que (x, y, z) soit une telle solution, et posons $\xi=x^2$, $\eta=y^2$, $\zeta=z^2$. Comme, $(u^n+v^n)/(u+v)$ et $u+v$, où u, v sont des entiers, ne peuvent avoir d'autres diviseurs communs que les facteurs de n, on voit que chacune des paires : $(\xi^n+\eta^n)/(\xi+\eta)$, $\xi+\eta$; $(\zeta^n-\xi^n)/(\zeta-\xi)$, $\zeta-\xi$; $(\zeta^n-\eta^n)/(\zeta-\eta)$, $\zeta-\eta$, est copremière. Par suite, comme ξ^n, η^n et ζ^n sont des carrés, il existe des entiers non nuls a, b, c, α, β, γ tels que

$$(2) \qquad x^2+y^2=c^2, \qquad z^2-y^2=a^2, \qquad z^2-x^2=b^2,$$

$$(3) \qquad \frac{x^{2n}+y^{2n}}{x^2+y^2}=\gamma^2, \qquad \frac{z^{2n}-y^{2n}}{z^2-y^2}=\alpha^2, \qquad \frac{z^{2n}-x^{2n}}{z^2-x^2}=\beta^2.$$

Soit q un entier fixé, qui soit ou bien un nombre premier impair, ou bien $8=2^3$ et supposons que n soit premier avec $q-1$. Les égalités précédentes (1), (2), (3) impliquent la solubilité du même système de congruences (*mod* q). Supposons que les congruences (1) et (2) $\pmod q$ ne soient compatibles que si un au moins des x, y, z est divisible par le facteur premier $\bar{q}$ de q.

Soit par exemple x celui de ces nombres, qui est $\equiv 0 \pmod{\bar{q}}$. Alors, puisque tout facteur premier des α^2, β^2, γ^2 doit être $\equiv 1$ modulo quelque facteur $m>1$ de n, $\bar{q}$ ne peut diviser aucun de ces nombres et, ainsi, $a^2=z^2-y^2$ doit se diviser par $\bar{q}^{2n}$, donc par $\bar{q}^6$ et *a fortiori* par $q\,|\,\bar{q}^3$. Mais

$$\beta^2=\frac{\zeta^n-\eta^n}{\zeta-\eta}\equiv n\zeta^{n-1}=nz^{2(n-1)} \qquad (\text{mod}\ \zeta-\eta=z^2-y^2),$$

et, *a fortiori*, $\pmod q$. Ainsi *n doit être un reste quadratique* $\pmod q$, et on obtient, par un raisonnement analogue, le même résultat dans les deux autres cas [$y\equiv 0 \pmod{\bar{q}}$ et $z\equiv 0 \pmod{\bar{q}}$].

Ainsi, *si* $\left(\frac{n}{q}\right)=-1$ ou $n\not\equiv 1 \pmod 8,$) *le premier cas du théorème de Fermat est vrai, sous les hypothèses faites, pour l'exposant* $2n$.

Pour $q=3$, 5, 8, les congruences (2) sont déjà incompatibles (mod q) quand $xyz \not\equiv 0$ (mod $\overline{q}$), comme le montre facilement l'inspection des restes quadratiques modulo ces entiers. Si q est différent de ces nombres, considérons un entier ν tel que $0 < \nu < (q-1)/2$ et qui est supposé, en plus, impair si $q \equiv 1$ (mod 4). Alors, tout entier $2n$, où n est impair, est $\equiv 2\nu (\text{mod}\, q-1)$, où ν est quelque entier de la forme précédente. Si $n \equiv \nu\, [(\text{mod}\, (q-1)/2]$, la congruence (1) prise (mod q) équivaut, en vertu du petit théorème de Fermat, à

$$(1_{q,\nu}) \qquad x^{2\nu} + y^{2\nu} \equiv z^{2\nu} \quad (\text{mod}\ q).$$

Pour certains q, même assez grands, il existe des ν tels que les congruences $(1_{q,\nu})$ et (2) (mod q) soient incompatibles avec $xyz \not\equiv 0$ (mod q). Ainsi, l'existence d'un tel couple (q, ν) démontre que le premier cas du théorème de Fermat est vrai pour les exposants $2n$ tels que, à la fois, $\left(\frac{n}{q}\right) = -1$ et $n \equiv \nu\, [\text{mod}\, (q-1)/2]$.

Résultats obtenus. — J'ai pu démontrer le premier cas du théorème de Fermat pour les exposants $2n$ tels que

$$\left(\frac{n}{3}\right) = -1 \quad [\text{c'est-à-dire } n \equiv -1\, (\text{mod}\, 3)];$$

$$\left(\frac{n}{5}\right) = -1 \quad [\text{c'est-à-dire } n \equiv \pm 2\, (\text{mod}\, 5)]; \qquad n \equiv -1,\ \pm 3 \quad (\text{mod}\, 8);$$

$$\left(\frac{n}{11}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 4 \quad (\text{mod}\, 5); \qquad \left(\frac{n}{19}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 4,\ 7 \quad (\text{mod}\, 9);$$

$$\left(\frac{n}{23}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 2,\ 3,\ 4,\ 10 \quad (\text{mod}\, 11);$$

$$\left(\frac{n}{29}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 3,\ 5,\ 9,\ 11 \quad (\text{mod}\, 14);$$

$$\left(\frac{n}{41}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 9 \quad (\text{mod}\, 20);$$

$$\left(\frac{n}{43}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 4,\ 10,\ 13,\ 16,\ 19 \quad (\text{mod}\, 21);$$

$$\left(\frac{n}{47}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 3,\ 10,\ 14,\ 16,\ 18,\ 19,\ 22 \quad (\text{mod}\, 23);$$

$$\left(\frac{n}{53}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 5,\ 7,\ 9,\ 11,\ 15,\ 17,\ 19,\ 21 \quad (\text{mod}\, 26);$$

$$\left(\frac{n}{59}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 5,\ 7,\ 19 \quad (\text{mod}\, 29);$$

$$\left(\frac{n}{67}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 7,\ 19,\ 28,\ 31 \quad (\text{mod}\, 33);$$

$$\left(\frac{n}{71}\right) = -1 \quad \text{et} \quad n \equiv 34 \quad (\text{mod}\, 35);$$

$$\left(\frac{n}{79}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 31 \pmod{39}; \qquad \left(\frac{n}{83}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 40 \pmod{41};$$

$$\left(\frac{n}{101}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 21 \pmod{50}; \qquad \left(\frac{n}{103}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 29,\ 31 \pmod{51};$$

$$\left(\frac{n}{107}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 15 \pmod{53}; \qquad \left(\frac{n}{131}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 56 \pmod{65};$$

$$\left(\frac{n}{137}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 21 \pmod{68}; \qquad \left(\frac{n}{173}\right)=-1 \quad \text{et} \quad n\equiv 79 \pmod{86}.$$

Il résulte immédiatement des résultats précédents que le premier cas du théorème de Fermat est vrai pour tous les exposants pairs $\leq 200\,000$ sauf peut-être 108 722 et 188 018; d'ailleurs, l'emploi de $q=239$ permet de prouver qu'il est encore vrai pour le second de ces nombres.

Comme, pour tout q premier et pour tout ν premier avec $(q-1)/2$, il existe une infinité de nombres premiers p tels qu'on ait, à la fois, $\left(\frac{p}{q}\right)=-1$ et $p\equiv\nu[\mathrm{mod}(q-1)/2]$, on voit que le premier cas du théorème de Fermat est vrai pour une infinité d'exposants $2p$, où p est un nombre premier.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le produit de composition des fonctions et distributions à support dans* R_+^n, $n>1$. Note (*) de M. **Serge Vasilach**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans cette Note nous exposons une nouvelle démonstration du théorème de Titchmarsh sur le produit de composition des fonctions numériques de plusieurs variables ayant leurs supports contenus dans R_+^n, $n>1$.

Une première démonstration de ce théorème, basée sur la théorie des fonctions analytiques a été donnée par J. L. Lions [1].

Mikusinski et Ryll-Nardzewski [2] en donnèrent une autre démonstration à l'aide du théorème des moments bornés. Notre démonstration est une généralisation de celle donnée par Mikusinski et Ryll-Nardzewski [3] dans le cas des fonctions d'une seule variable. Pour ce faire nous établirons au préalable le

Théorème 1. — *Soit f une fonction numérique continue dans le compact* $\prod_{i=1}^{n}[0,\,2X_i]$; *si*

$$f\star f=f^{\star 2}=\int_0^{x_1}\int_0^{x_2}\cdots\int_0^{x_n} f(x_1-\xi_1,\,x_2-\xi_2,\,\ldots,\,x_n-\xi_n)\,f(\xi_1,\,\xi_2,\,\ldots,\,\xi_n)\,d\xi_1\,d\xi_2\ldots d\xi_n=0$$

dans le compact $\prod_{i=1}^{n}[0,\,2X_i]$, *alors* $f=0$ *dans le compact* $\prod_{i=1}^{n}[0,\,X_i]$.

Démonstration. — Cas de deux variables :

$$\{ f(x, y) \text{ continue dans } [0, 2X] \times [0, 2Y] \quad \text{et} \quad f^{*2} = 0 \quad \text{dans} \quad [0, 2X] \times [0, 2Y] \Rightarrow \Big[f(x, y) = 0 \quad \text{dans} \quad [0, X] \times [0, Y] \Big].$$

En effet, en multipliant f^{*2} par $e^{p(2X-x)+q(2Y-y)}$ et en intégrant sur $[0, 2X]\times[0, 2Y]$, il vient :

$$(1) \qquad [f^{*2} = 0] \Rightarrow \left\{ \int_0^{2X}\int_0^{2Y} e^{p(2X-x)+q(2Y-y)}\,dx\,dy \times \int_0^{x}\int_0^{y} f(x-\xi, y-\eta) f(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta = 0 \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \int_0^{2Y} e^{q(2Y-y)}\,dy \int_0^{y} dz \int_0^{2X} e^{p(2X-x)}\,dx \times \int_0^{x} f(x-\xi, y-\eta) f(\xi, \eta)\,d\xi = 0 \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \iint_{B_1} e^{q(u_2+v_2)}\,du_2\,dv_2 \iint_{B_2} e^{p(u_1+v_1)} f(X-u_1, Y-u_2) \times f(X-v_1, Y-v_2)\,du_1\,dv_1 = 0 \right\}.$$

Cette dernière implication est obtenue après le changement de variables :

$$x = 2X - u_1 - v_1; \qquad \xi = X - v_1; \qquad y = 2Y - u_2 - v_2; \qquad \eta = Y - v_2.$$

B_1 et B_2 sont les triangles définis par les relations :

$$0 \leqq u_1 + v_1; \quad u_1 \leqq X, \quad v_1 \leqq X \quad \text{et} \quad 0 \leqq u_2 + v_2; \quad u_2 \leqq Y, \quad v_2 \leqq Y.$$

Soit d'autre part C_1 et C_2 les triangles définis par

$$\{-X \leqq u_1; \quad -X \leqq v_1; \quad u_1 + v_1 \leqq 0 \quad \text{et} \quad -Y \leqq u_2; \quad -Y \leqq v_2; \quad u_2 + v_2 \leqq 0;$$

$B_1 \cup C_1$ et $B_2 \cup C_2$ étant les carrés définis par $-X \leqq u_1 \leqq X$, $-X \leqq v_1 \leqq X$ et $-Y \leqq u_2 \leqq Y$, $-Y \leqq v_2 \leqq Y$, il vient

$$\iint_{B_2 \cup C_2} \iint_{B_1 \cup C_1} = \iint_{B_2} \iint_{B_1} + \iint_{C_2} \iint_{C_1} = \iint_{C_2} \iint_{C_1}$$
$$= \iint_{C_2} e^{q(u_2+v_2)}\,du_2\,dv_2 \iint_{C_1} e^{p(u_1+v_1)} f(X-u_1, Y-u_2) f(X-v_1, Y-v_2)\,du_1\,dv_1.$$

Mais pour $p > 0$, $q > 0$, on a $e^{p(u_1+v_1)} < 1$, $e^{q(u_2+v_2)} < 1$, et si $M = \max|f|$, on a

$$\left\{ \left| \int_{-X}^{X}\int_{-Y}^{Y} e^{pu_1+qu_2} f(X-u_1, Y-u_2)\,du_1\,du_2 \int_{-X}^{X}\int_{-Y}^{Y} e^{pv_1+qv_2} f(X-v_1, Y-v_2)\,dv_1\,dv_2 \right| \leqq M\,2X^2\,2Y^2 \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \left| \int_{-X}^{X}\int_{-Y}^{Y} e^{pu_1+qu_2} f(X-u_1, Y-u_2)\,du_1\,du_2 \right| \leqq 2MXY \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \left| \int_{0}^{X}\int_{0}^{Y} e^{pu_1+qu_2} f(X-u_1, Y-u_2)\,du_1\,du_2 \right| \leqq 2MXY + \left| \int_{-X}^{0}\int_{-Y}^{0} e^{pu_1+qu_2} f(X-u_1, Y-u_2)\,du_1\,du_2 \right| \right\}$$

$$\Rightarrow \left\{ \left| \int_{0}^{X}\int_{0}^{Y} e^{pu_1+qu_2} f(X-u_1, Y-u_2)\,du_1\,du_2 \right| \leqq 3MXY \right\},$$

car $e^{pu_1+qu_2} \leqq 1$ pour $(u_1, u_2) \in [-X, 0] \times [-Y, 0]$.

La dernière implication étant vraie quels que soient $p \in N^*$, $q \in N^*$, il résulte du théorème 3 des moments bornés ([4]) que l'on doit avoir $f(X-u_1, Y-u_2)=0$ pour $(u_1, u_2) \in [0, X] \times [0, Y]$, ou $f(x, y)=0$ pour $(x, y) \in [0, X] \times [0, Y]$.

Démonstration analogue pour $n > 2$. C. Q. F. D.

COROLLAIRE 1. — *Si $f(x, y)$ est une fonction numérique continue dans R^2_+, et si dans ce domaine on a*

$$(2) \qquad \int_0^x \int_0^y f(x-\xi, y-\eta) f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta = 0, \qquad \textit{alors} \quad f(x, y) = 0 \quad \textit{dans } R^2_+.$$

En effet, dans ces conditions la relation (2) est vérifiée sur tout compact $[0, 2X] \times [0, 2Y]$, donc $f(x, y)=0$ sur tout compact $[0, X] \times [0, Y]$, par conséquent $f(x, y)=0$ sur R^2_+.

Conclusions analogues pour f fonction numérique continue dans R^n_+, $n > 2$.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

([1]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1530 et 1622.

([2]) *Stud. Math.*, **13**, 1953, p. 62-68.

([3]) *Pachunek Operatorow*, Warszawa, 1953.

([4]) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. .

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations fonctionnelles linéaires à argument fonctionnel n-périodique.* Note de M. **Michel Ghermanescu**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons un argument-opérateur fonctionnel donné, $\theta(M)$, qui fait correspondre à un point $M \in E$ le point $M_1 \in E_1$, à M_1 le point $M_2 \in E_2$ etc., les ensembles E_k s'intersectant ou non. Désignons par $\theta_n = \theta(\theta_{n-1})$ les itérés *conséquents* du point M, tandis que $\theta_{-n} = \theta(\theta_{-n-1})$ en sont les itérés *antécédents*. Nous supposons que $\theta(M)$ est n-périodique, c'est-à-dire, se reproduit après n itérations successives, $\theta_n(M) \equiv M$.

Nous considérons aussi les fonctions $f(M)$, telles que

$$(1) \qquad f(\theta_k) = f[\theta(\theta_{k-1})];$$

nous disons qu'elles sont *fonctionnellement continues* par rapport à l'argument fonctionnel $\theta(M)$. La distinction est nécessaire, comme l'a remarqué, le premier, M. C. Popovici, avec l'exemple $\theta(x) = -x$, $f(x) = \log x$.

En notant $f^k(M) = f[\theta_k(M)]$, nous étudions les équations fonctionnelles, linéaires et à coefficients constants, par rapport à un argument fonctionnel donné $\theta(M)$, pour lesquelles nous avons obtenu les résultats principaux suivants :

I. *L'équation fonctionnelle linéaire homogène à coefficients constants, relative à l'argument fonctionnel n-périodique donné,* $\theta(M)$,

$$(1) \qquad a_0 f + a_1 f^1 + \ldots + a_{n-1} f^{n-1} = 0,$$

dont deux coefficients au moins sont non-identiquement nuls, n'admet de solutions fonctionnellement continues par rapport à $\theta(M)$, *non identiquement nulles, que si l'équation caractéristique*

$$E(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_{n-1} x^{n-1} = 0, \tag{2}$$

correspondant à (1), *possède des racines communes avec l'équation binome* $B_n(x) = 1 - x^n = 0$. *Dans ce cas, l'ensemble des solutions fonctionnellement continues de l'équation* (1) *coïncide avec celui de l'équation fonctionnelle résolvante de* (1), *qui est,*

$$D(f) = 0; \tag{3}$$

on a posé

$$f(M) = F(u), \tag{4}$$

dans laquelle $u(M)$ *est une fonction arbitraire, fonctionnellement continue par rapport à l'argument fonctionnel* $\theta(M)$, *tandis que* $D(x)$ *est le plus grand diviseur commun des polynomes* $E(x)$ *et* $1 - x^n$, $[E(x) = D(x)\,G(x),\ 1 - x^n = D(x)\,F(x)]$, *et l'on obtient les opérateurs* $D(v)$, $F(v)$ *etc., en y remplaçant les puissances de* x *par les itérés de* $v(M)$, *etc.*

II. *L'équation fonctionnelle linéaire non homogène à coefficients constants, relative à l'argument fonctionnel n-périodique donné,* $\theta(M)$,

$$a_0 f + a_1 f^1 + \ldots + a_{n-1} f^{n-1} = g(M), \tag{5}$$

dans laquelle $g(M)$ *est une fonction donnée, fonctionnellement continue par rapport à* $\theta(M)$, *est soluble sur l'ensemble des fonctions fonctionnellement continues par rapport à* $\theta(M)$, *dans les deux cas suivants :*

1° *Lorsque le polynome caractéristique* $E(x)$ *est premier avec* $1 - x^n$, *auquel cas* (5) *admet une solution unique donnée par*

$$Df = D_0, \tag{6}$$

dans laquelle D *est le déterminant circulaire des coefficients* a_i, *tandis que* D_0 *s'obtient de* D *en y remplaçant les éléments de la première colonne respectivement par* $g(M)$, $g^1(M)$, $\ldots$, $g^{n-1}(M)$.

2° *Lorsque le polynome caractéristique* $E(x)$ *possède un plus grand diviseur commun* $D(x)$ *avec* $1 - x^n$ $[E(x) = D(x)\,G(x),\ 1 - x^n = D(x)\,F(x)]$; *dans ce cas, il faut et il suffit que la fonction donnée* $g(M)$ *satisfasse à l'équation*

$$F(g) = 0, \tag{7}$$

et alors, l'ensemble des solutions de (5) *s'obtient en ajoutant l'ensemble des solutions fonctionnellement continues de l'équation homogène* (1) *correspondant à* (5) *à la solution particulière de cette dernière,*

$$f_1(M) = \sum_{i=1}^{p} \frac{C_i(M)}{E(\alpha_i)}, \tag{8}$$

dans laquelle, les $C_i(M)$ *sont données par*

$$C_s(M) = \sum_{i=1}^{p} \frac{(-1)^{p+i} g^{i-1}(M)}{F'(\alpha_s)} \varphi_{i,s}; \tag{9}$$

on a posé $\varphi_{i,s} = \sum \alpha_{i_1} \alpha_{i_2}$ et α_{i_p} *désigne la somme des racines* α_i *de* $1 - x^n = 0$, *prises i à i, la racine* α_s *y étant exclue.*

Nous donnerons, dans une prochaine publication, des résultats concernant les solutions fonctionnellement discontinues des équations considérées.

GÉOMÉTRIE. — *Formule d'Euler généralisée et condition de son application. Courbure extérieure et intérieure.* Note de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Georges Darmois.

1° Polyèdres plongés dans des espaces à quatre dimensions et plus. Transformations les ramenant à des figures multiples. Limites d'application de la formule d'Euler. 2° Polyèdres finis et généralisation : $e - k + f = \text{const.}$ Courbure intérieure (IC) et courbure extérieure (EC) en leurs relations avec les propriétés des polyèdres, etc. 3° Exemples de polyèdres infinis (*fig.* 3*a* et 3*b*).

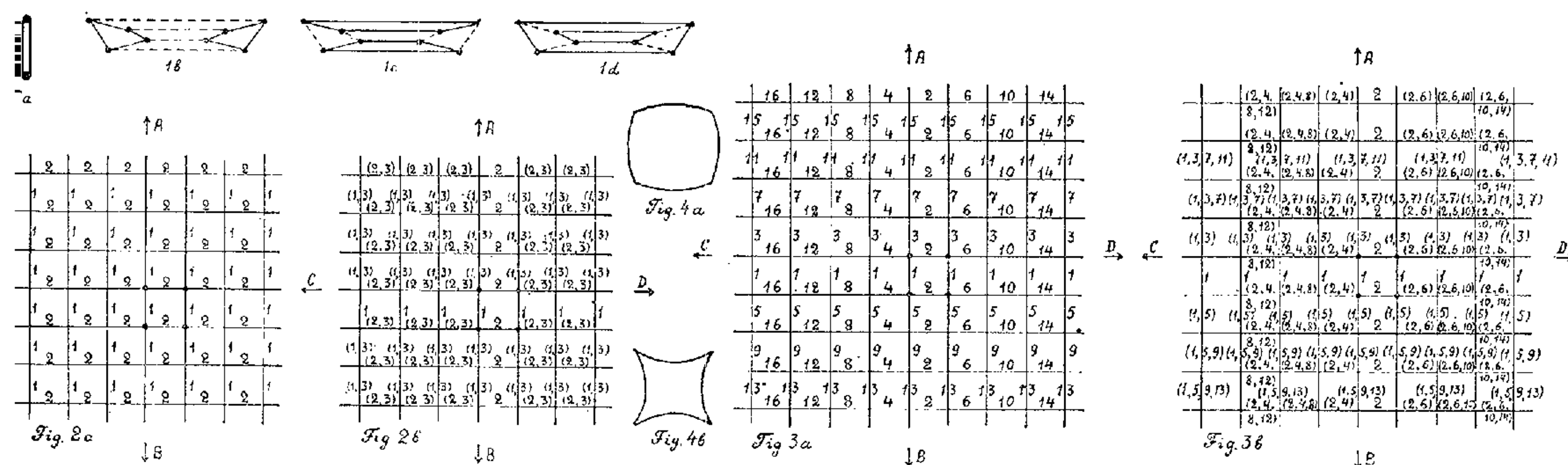
1° Reprenons les notations de la Note précédente [1]. Soit $(3, M_3, 2, 1)$ un polyèdre de f faces (polygones de n côtés), k arêtes et e sommets (où se touchent μ arêtes), plongé dans un espace à M_3 dimensions. On se bornera d'abord aux polyèdres réguliers, finis ou infinis, mais non-étoilés. Pour $M_3 = 3$, cinq polyèdres classiques (corps de Platon) correspondent à la formule d'Euler (A) $e + f = k + 2$. Pour $M_3 > 3$ on peut indiquer [1] les polyèdres sujets à cette formule (par exemple 4-octaèdre, 5-octaèdre, etc.), ainsi que les autres (par exemple décahexaèdre régulier et toute la série issue de lui) où (A) n'est pas applicable. Il ne s'agit pas ici de la généralisation de la formule d'Euler dans le sens de Schläfli [2], [3], mais dans le sens de L'Huilier [4]. Cependant cette dernière n'a été énoncée que pour les polyèdres non réguliers, tandis qu'ici on considère également les polyèdres réguliers. Le but de notre recherche est la « réalisation » des polyèdres. Ce point de vue diffère autant de celui de l'*analysis situs* que de celui de la théorie des « cartes » [2], des « gaufres » [5], etc. Contrairement à l'*analysis situs* on donne ici [et dans [1], [5]] non seulement des perspectives (des « topologies »), mais aussi des « patrons » qui déterminent les propriétés métriques [les 3-, 4-, 5-octaèdres [1] identiques dans l'*analysis situs*, sont différents ici]. Contrairement à la théorie des « cartes » (« gauffres ») on indique ici les directions des arêtes (les figures 2 et 3 identiques en tant que « cartes », sont différentes en tant que polyèdres infinis).

Mesurons la longueur l d'un cercle (de rayon égal à 1) décrit autour d'un

point P quelconque ([1]) sur une surface lisse ou celle d'un polyèdre. La différence $\Delta\delta = 2\pi - l$ caractérisera, comme on accepte habituellement, la courbure mesurée « à l'intérieur ». Pour tous les points d'un polyèdre, sauf ses sommets, $\Delta\delta = 0$. Pour les points d'une surface lisse non plane $\Delta\delta$ est infiniment petit. Il est plus commode de considérer $\delta = \Sigma(2\pi - l)$, soit la somme de $\Delta\delta$ pour tous les points P (cas d'un polyèdre fini ou d'une surface finie), soit la somme de $\Delta\delta$ pour une unité de la surface (polyèdre ou surface infinie). Pour un sommet d'un polyèdre $\Delta\delta = 2\pi - \pi\mu(n-2) : n$, pour le polyèdre entier (B) $\delta = e\pi[2 - \mu(n-2) : n]$. On admet usuellement — et nous conservons ici cette hypothèse (C) — que la caractéristique δ ne varie pas, si le polyèdre (ou la surface lisse) subit une transformation continue quelconque sans ruptures, ni accollements. Par une telle transformation la figure $(3, M_3, 2, 1)$ sera « aplatie » jusqu'à une figure bidimensionnelle multiple : double pour le cas des corps de Platon ou d'une sphère (symbolisée par la figure 1 *a*) où (D) : $\delta = 4\pi$, quadruple pour le décahexaèdre (*fig.* 1 *b, c, d*), etc. Il est évident que la condition nécessaire de l'applicabilité de (A) est la transformabilité du polyèdre dans une figure double; en effet des (B), (C), (D) il découle $e[2 - \mu(n-2) : n] = 4$, un équivalent de (A). Cependant la transformabilité dans une figure double n'est pas la condition nécessaire de la régularité d'un polyèdre. La transformation continue considérée ici ne conserve naturellement pas les propriétés de symétrie du polyèdre primaire. L'asymétrie des « faces » dans les figures 1 *b, c, d*, présente aussi peu une preuve de la symétrie incomplète d'un décahexaèdre que les deux carrés (*fig.* 1 *a*) donnent une idée des symétries parfaites d'un cube.

2° Les mêmes résultats sont valables pour les polyèdres non réguliers, considérés statistiquement ([2]). On peut les prévoir aussi en partant de la formule : $e - k + f = c$, où c a une valeur constante commune à une série de polyèdres, mais variée d'une série à l'autre. Cependant, si c n'est pas une constante universelle, la grandeur δ perd son sens universel (et $\Delta\delta$ aussi). Pour indiquer δ et $\Delta\delta$ employons l'expression : *courbure intérieure* (IC). Par opposition à cette notion on peut introduire la courbure mesurée extérieurement ou simplement *courbure extérieure* (EC) et la déterminer à l'aide d'un plan tangent au polyèdre (ou à la surface donnée) au point P. Pour caractériser EC on peut choisir par exemple le minimum de la moyenne quadratique des distances entre ce plan et les points du cercle (*voir* 1°). Comme on voit par des exemples mentionnés dans [([1]) (§ 4)], c'est EC qui détermine les propriétés globales du polyèdre ou de la surface donnée (par exemple la « fermeture », etc); IC ne les détermine que très peu, pour ne pas dire, pas du tout. Le cas des formes finies est assez simple. Deux espèces de polyèdres existent ici; 1° Polyèdres fermés et finis, ayant $IC \neq 0$, $EC \neq 0$ (polyèdres classiques, etc.); 2° Polyèdres fermés et finis ayant $IC = 0$, $EC \neq 0$ (polyèdres de la série du décahexaèdre, etc.). On voit ainsi que la condition nécessaire pour qu'un polyèdre soit fermé et fini, est $EC \neq 0$, et que le fait que IC est égal ou non à zéro ne

détermine rien. Pour passer des polyèdres aux surfaces, on doit en général effectuer l'opération de lissage qui peut être lui aussi soit intérieur, soit extérieur. Cette opération n'est autre chose que la transformation continue (employée dans 1°) qui ne change pas la valeur globale de IC. Elle n'est pas



inévitable dans tous les cas. Le décahexaèdre donne toujours un exemple un peu surprenant d'une surface qui est intérieurement lisse, tandis qu'extérieurement elle ne l'est pas. En effet aucune mesure intérieure sur les arêtes, sur les sommets ou sur les faces ne peut révéler à un être d'un tel « monde » la présence des propriétés exceptionnelles, qui ne se répètent pas à tout autre endroit; partout IC = 0. Le lissage intérieur est inutile. Généralement ce lissage est à effectuer; cependant étant donné qu'il conserve IC, *la condition nécessaire pour qu'une surface soit fermée et finie, est que* EC *globale diffère de zéro,* tandis que ni la valeur globale, ni moyenne de IC ne sont importantes.

3° Passons maintenant aux formes infinies. Considérons deux « patrons » [1] (*fig.* 3 *a* et 3 *b*) de polyèdres infinis composés de carrés et plongés dans un superespace, dont les axes sont marqués par 1, 2, 3, 4, etc. Les chiffres sur les figures 2 et 3 indiquent les axes (les surfaces, etc.) auxquels les arêtes sont parallèles. Un carré est spécialement marqué au milieu de chaque figure. Un point quelconque Q de ce carré est le point de départ pour la construction du polyèdre. Indiquons par $AV_{m_1, m_2, \ldots}$ un vecteur partant de Q par le superespace $(m_1, m_2, \ldots)$ dans la direction A, par BV dans la direction B, etc. La figure 2 *a* représente un plan et ne nécessite pas d'explication. La figure 2 *b* correspond à une très grande sphère. Les vecteurs $AV_{1,3}$ et $BV_{1,3}$ se trouvent sur le même plan (1, 3) et peuvent coïncider; cela est vrai pour $CV_{2,3}$ et $DV_{2,3}$. La figure 3 *a* représente le cas analogue à la figure 2 *a*. Ce polyèdre est une généralisation du décahexaèdre. Cependant, si IC est nulle pour les deux figures (2 *a* et 3 *a*), la courbure extérieure est différente : EC = 0 pour (2 *a*) et EC ≠ 0 pour (3 *a*). Ce polyèdre n'est pas fermé, parce que ni les vecteurs $AV_{1,3,7,11,\ldots}$ et $BV_{1,5,9,13,\ldots}$, ni les vecteurs $CV_{2,4,8,12,\ldots}$ et $DV_{2,6,10,14,\ldots}$ ne peuvent coïncider. Enfin on passe à la figure 3 *b* par la même opération que celle du passage de (2 *a*) à (2 *b*), c'est-à-dire par une légère diminution des

angles des « carrés » (qui prennent les formes des figures 4 *a* et 4 *b*); ainsi IC est introduit. Cependant le polyèdre ne sera pas fermé, parce que, de nouveau, ni les vecteurs $AV_{1,3,7,11,\ldots}$ et $BV_{1,5,9,13,\ldots}$, ni $CV_{2,4,8,12,\ldots}$ et $DV_{2,6,10,14,\ldots}$, ne peuvent coïncider. On obtient ainsi trois cas possibles de polyèdres infinis (PI) : 1° PI ayant $IC = EC = 0$ (plan); 2° PI ayant $IC = 0$ et $EC \neq 0$ (par exemple polyèdre de la figure 3 *a*, etc.); 3° PI ayant $IC \neq 0$, $EC \neq 0$ (*fig.* 3 *b*). On doit reconnaître ainsi que *ni les valeurs non nulles (globales ou moyennes) de* IC, *ni celles de* EC, *ne permettent de conclure quoi que ce soit sur la valeur finie ou infinie de la superficie totale* du polyèdre. Ces résultats peuvent être étendus aux surfaces lisses de la même manière que dans 2°.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 482.
(2) H. S. M. Coxeter, *Regular polytops*, London, 1re éd., 1948.
(3) *Publications de l'Institut de Statistique de l'Université de Paris*, 3, fasc. 4, p. 179-201.
(4) W. Blaschke, *Vorlesungen über Integralgeometrie*, Berlin, 1955, p. 96.
(5) W. Blaschke, *Geometrie der Waben*, Basel, 1955.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une part d'énergie inutilement consommée par les véhicules roulant sur un revêtement moderne à surface irrégulière.* Note (*) de M. **Raymond F. Simonin**, présentée par M. Georges Darmois.

L'énergie thermique fournie au moteur d'un véhicule qui roule sur un revêtement routier est transformée puis transportée aux roues avec un rendement global $\rho(V)$ qui dépend de la vitesse V du véhicule. L'énergie totale est disponible aux roues sous la forme cinétique utilisable comme énergie de référence, pour être finalement consommée en se répartissant sous diverses formes d'énergies résistantes.

Certaines de ces consommations partielles ne dépendent que des caractéristiques de construction du véhicule et de sa vitesse. Mais la consommation partielle due aux irrégularités du revêtement ne dépend que des caractéristiques géométriques de la surface de ce revêtement.

Cette énergie partielle consommée pendant le transport de la masse *m* du véhicule est une énergie parasite du mouvement totalement perdue pour le transport de cette masse. Pour ce qui touche à cette consommation partielle d'énergie, c'est-à-dire en définitive de carburant, tout se passe comme si la masse *m* transportée était suspendue rigidement à l'axe d'une seule roue AV par exemple, assujettie par une liaison à une seule roue identique AR, de telle manière que la longueur de la ligne des centres reste constamment égale à la distance des roues AV et AR du véhicule.

On sait en effet que le diagramme livré par le clinodographe (1) qui suit la roulante médiane Y(S) d'un véhicule qui se déplace à la vitesse V en roulant

sur la surface d'un revêtement moderne, représente la courbure normale moyenne Y des roulantes droite et gauche du véhicule, en fonction de l'abscisse curviligne S.

Indépendamment de la composante de la pesanteur, la force qui agit normalement à la roulante en M est

$$m\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 Y.$$

L'angle φ de la vitesse V de la roue AV, en M d'abscisse S avec la ligne des centres, représenté sur le clinodographe par l'angle-centre roue exploratrice roue directrice et roue directrice roue motrice, entraîne pour cette force un déplacement parasite élémentaire dl lorsque la roue vient en M' d'abscisse $S + dS$ et tel que

$$dl = dS \sin\varphi.$$

Mais $dS = d\varphi/Y$.

On en déduit pour l'énergie parasite élémentaire :

$$de = m\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 dl\, Y$$

ou

$$de = m\left(\frac{dS}{dt}\right)^2 \sin\varphi\, d\varphi.$$

A vitesse constante $dS/dt = V_S$, l'énergie parasite s'écrit :

$$e = m V_S^2 \int_0^{\varphi} \sin\varphi\, d\varphi$$

en supposant que le point M_0, origine des abscisses, est choisi parmi les points de courbure maxima.

Les irrégularités étant toutes des demi-périodes différentes de sinusoïdes, quand le point M se déplace de l'origine M_0 au point d'abscisse S, l'angle φ est toujours petit ($dY/dx = dY/dS = \operatorname{tg}\varphi$) oscille entre $\varphi = -\Phi$ et $\varphi = +\Phi$, Φ étant l'angle toujours le même du diagramme aux points de courbure nulle, et l'on a

$$e = V_S^2\, 2\,(1 - \cos\Phi).$$

Si N est le nombre d'irrégularités rencontrées au cours d'un parcours S, on a $\Phi = (1/N)\int_0^S Y\, dS$ ou encore

$$\Phi = \frac{S}{N} \times \frac{1}{S}\int_0^S Y\, dS = \lambda_m Y_m,$$

λ_m représentant la longueur moyenne des irrégularités, Φ représentant l'angle sous lequel depuis un point quelconque de l'espace, centre fictif du

cercle osculateur moyen de courbure Y_m, on voit, enroulée autour de ce cercle, la longueur moyenne des irrégularités rencontrées. On trouve ainsi

$$e = m\,V_S^2\,2(1 - \cos\lambda_m Y_m)$$

ou

$$e = m\,V_S^2\,\lambda_m^2\,Y_m^2.$$

Cette quantité d'énergie est une perte absolue, au cours du transport de la masse m, pendant le parcours S, sous la dépendance exclusive des seules irrégularités du revêtement le long du trajet S.

La perte relative par rapport à l'énergie cinétique de référence est

$$\alpha = 2\lambda_m^2\,Y_m^2.$$

La grandeur $1 - \alpha$ représente le rendement énergétique du revêtement le long du trajet S.

Enfin α n'est autre que la part d'énergie théorique ou réelle ou de carburant consommée inutilement pour tout véhicule, ou ensemble de véhicules, ayant emprunté un parcours S quelconque dont les caractéristiques sont λ_m et Y_m relevées au clinodographe.

Si Q est la quantité de carburant donnée par un comptage de véhicules, un calcul ou une mesure statistique, consommée pendant une période de temps déterminée, sur un réseau routier dont on a mesuré les caractéristiques $\lambda_m Y_m$ pendant cette période de temps avec le clinodographe, la quantité de carburant inutilement consommée sur ce réseau routier est

$$\alpha Q = 2Q\lambda_m^2\,Y_m^2.$$

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2621.

RELATIVITÉ. — *Conditions de conservation pour le tenseur d'impulsion-énergie en théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger.* Note de M. **Pham Tan Hoang**, présentée par M. Louis de Broglie.

En théorie unitaire, le tenseur d'impulsion-énergie est extrait du premier membre des équations $R_{\alpha\beta} = 0$. En prenant $\sqrt{h/g}\,h^{\alpha\beta}\,(h^{\alpha\beta} = g^{\underset{\smile}{\alpha\beta}})$ comme métrique, ce tenseur est conservatif si l'on a $R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}} = 0$.

1. L'élément primitif de la théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger est constitué par une variété espace-temps V_4 à quatre dimensions douée de la même structure de variété différentiable que la variété qui intervient en relativité générale. Sur cette variété V_4 nous supposons définis deux éléments géométriques : un champ de tenseurs $g_{\alpha\beta}$ (g partout $\neq 0$, $g_{\alpha\beta}X^\alpha X^\beta$ de type

hyperbolique normal) et une connexion affine arbitraire $\Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma}$. Ces éléments sont astreints aux « équations du champ » que l'on déduit d'un principe variationnel

$$(1.1)\qquad G^{\alpha\beta}_{\rho} \equiv D_{\rho} g^{\alpha\beta} - \left(\Gamma^{\sigma}_{\rho\sigma} - \frac{1}{2}\partial_{\rho}\,\mathrm{Log}\,|g|\right) g^{\alpha\beta} + 2 g^{\alpha\sigma}\Gamma^{\beta}_{\underset{\vee}{\rho\sigma}} + \frac{2}{3}\delta^{\beta}_{\rho} g^{\alpha\sigma}\Gamma_{\sigma} = 0,$$

$$(1.2)\qquad R_{\alpha\beta} = 0,$$

où $R_{\alpha\beta}$ désigne le tenseur de Ricci de la connexion Γ et D_{ρ} est l'opérateur de dérivation covariante dans cette connexion.

En introduisant la connexion affine à vecteur de torsion nul associée à $\Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma}$

$$(1.3)\qquad L^{\alpha}_{\beta\gamma} = \Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma} + \frac{2}{3}\delta^{\alpha}_{\beta}\Gamma_{\gamma},$$

la forme des équations (1.1) se simplifie comme [1]

$$(1.4)\qquad \partial_{\rho} g_{\alpha\beta} - L^{\lambda}_{\alpha\rho} g_{\lambda\beta} - L^{\lambda}_{\rho\beta} g_{\alpha\lambda} = 0,$$

$$(1.5)\qquad \partial_{\rho}\left(\sqrt{-g}\, g^{\underset{\vee}{\rho\alpha}}\right) = 0.$$

Si l'on admet que la théorie d'Einstein-Schrödinger unifie champ et source dans un même schéma géométrique, on peut extraire un tenseur d'impulsion-énergie à partir des équations (1.2).

2. Soient $a_{\alpha\beta}$ le tenseur symétrique à deux indices que l'on choisit comme métrique, $G_{\alpha\beta}$ le tenseur de Ricci formé avec les symboles de Christoffel relatifs à $a_{\alpha\beta}$ et $S_{\alpha\beta} \equiv G_{\alpha\beta} - (1/2)\, a_{\alpha\beta}\, G$ le tenseur d'Einstein correspondant. On obtient un tenseur d'impulsion-énergie en théorie unitaire, en décomposant la partie symétrique $R_{\underline{\alpha\beta}}$ en la somme du tenseur $G_{\alpha\beta}$ et des termes complémentaires. Il vient ainsi

$$R_{\underline{\alpha\beta}} - \frac{1}{2} a_{\alpha\beta} R_{\underline{\rho\sigma}} a^{\rho\sigma} = S_{\alpha\beta} - \chi T_{\alpha\beta};$$

où nous avons représenté par $-\chi T_{\alpha\beta}$ l'ensemble des termes complémentaires.

Les équations

$$S_{\alpha\beta} - \chi T_{\alpha\beta} = 0.$$

sont équivalentes à $R_{\underline{\alpha\beta}} = 0$. Elles ont la forme des équations du cas intérieur en relativité générale, $T_{\alpha\beta}$ y jouant le rôle du tenseur d'impulsion-énergie. Nous nous proposons d'étudier si le tenseur $T_{\alpha\beta}$ satisfait aux identités de conservation

$$(2.1)\qquad \nabla_{\alpha} T^{\alpha}{}_{\beta} = 0,$$

∇_{α} étant l'opérateur de dérivation covariante dans la métrique $a_{\alpha\beta}$.

3. Les équations du champ en théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger ne sont pas indépendantes. Le procédé variationnel utilisé pour leur déduction fournit quatre identités de conservation qui assurent le jeu des changements de

coordonnées admissibles. Posons

$$M_\rho^\lambda = \frac{1}{2}(R_{\rho\sigma}g^{\lambda\sigma} + R_{\sigma\rho}g^{\sigma\lambda}) - \frac{1}{2}\delta_\rho^\lambda R_{\alpha\beta}g^{\alpha\beta},$$

$$\mathfrak{M}_\rho^\lambda = \sqrt{-g}\,M_\rho^\lambda, \qquad \mathfrak{g}^{\alpha\beta} = \sqrt{-g}\,g^{\alpha\beta},$$

ces identités de conservation, qui généralisent celles classiques de la relativité générale, s'écrivent

$$(3.1) \qquad \partial_\lambda \mathfrak{M}_\rho^\lambda + \frac{1}{2}R_{\alpha\beta}\,\partial_\rho\,\mathfrak{g}^{\alpha\beta} = 0.$$

Les identités (3.1) sont satisfaites pour tout ensemble ($g_{\alpha\beta}$, $\Gamma_{\beta\gamma}^\alpha$) déduit par (1.3) d'une solution ($g_{\alpha\beta}$, $L_{\beta\gamma}^\alpha$) des équations (1.4), (1.5) [*voir* (¹), p. 503-506].

En séparant d'une part les termes contenant $R_{\underline{\alpha\beta}}$, d'autre part les termes contenant $R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}}$ et en tenant compte de (1.5), on peut mettre le premier membre de (3.1) sous la forme

$$\left[\partial_\lambda\left(R_{\underline{\rho\sigma}}\,\mathfrak{g}^{\underline{\lambda\sigma}} - \frac{1}{2}\delta_\rho^\lambda R_{\underline{\alpha\beta}}\,\mathfrak{g}^{\underline{\alpha\beta}}\right) + \frac{1}{2}R_{\underline{\alpha\beta}}\,\partial_\rho\,\mathfrak{g}^{\underline{\alpha\beta}}\right] - \frac{1}{2}\left(\partial_\rho R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}} + \partial_\alpha R_{\underset{\vee}{\beta\rho}} + \partial_\beta R_{\underset{\vee}{\rho\alpha}}\right)\mathfrak{g}^{\underset{\vee}{\alpha\beta}}.$$

Cherchons à quelle condition la quantité

$$(3.2) \qquad \frac{1}{\sqrt{-a}}\left[\partial_\lambda\left(R_{\underline{\rho\sigma}}\,\mathfrak{g}^{\underline{\lambda\sigma}} - \frac{1}{2}\delta_\rho^\lambda R_{\underline{\alpha\beta}}\,\mathfrak{g}^{\underline{\alpha\beta}}\right) + \frac{1}{2}R_{\underline{\alpha\beta}}\,\partial_\rho\,\mathfrak{g}^{\underline{\alpha\beta}}\right]$$

est la divergence, dans la métrique $a_{\alpha\beta}$, d'un tenseur. La forme bien connue de (3.2) montre qu'il suffit de prendre le tenseur

$$\lambda\left(R_{\underline{\alpha\beta}} - \frac{1}{2}a_{\alpha\beta}R_{\underline{\rho\sigma}}\,a^{\rho\sigma}\right) \qquad (\lambda,\ \text{scalaire constant})$$

dont la divergence peut s'écrire

$$\frac{\lambda}{\sqrt{-a}}\left[\partial_\lambda\left(R_{\underline{\rho\sigma}}\,a^{\lambda\sigma}\sqrt{-a} - \frac{1}{2}\delta_\rho^\lambda R_{\underline{\alpha\beta}}\,a^{\alpha\beta}\sqrt{-a}\right) + \frac{1}{2}R_{\underline{\alpha\beta}}\,\partial_\rho\left(a^{\alpha\beta}\sqrt{-a}\right)\right].$$

L'identification donne alors

$$\mathfrak{g}^{\underline{\alpha\beta}} = \lambda\,a^{\alpha\beta}\sqrt{-a}.$$

On tire de cette relation, en posant $h^{\alpha\beta} = g^{\underline{\alpha\beta}}$ et $h = \text{dét}(h_{\alpha\beta})$,

$$g^2 = \lambda^4 a h, \qquad a^{\alpha\beta} = \lambda\sqrt{\frac{h}{g}}\,h^{\alpha\beta}.$$

Lorsque la partie antisymétrique $g^{\underset{\vee}{\alpha\beta}}$ tend vers zéro, $a^{\alpha\beta}$ qui joue le rôle de métrique doit tendre vers $g^{\alpha\beta}$, on en déduit que $\lambda = 1$ et $a^{\alpha\beta} = h^{\alpha\beta}\sqrt{h/g}$.

4. Ainsi, en prenant $a^{\alpha\beta} = \sqrt{h/g}\,h^{\alpha\beta}$ comme tenseur métrique, les iden-

tités (3.1) s'écrivent

$$(4.1)\qquad \frac{1}{\sqrt{-a}}\left[\nabla_\lambda(S^\lambda_\rho-\chi T^\lambda_\rho)-\frac{1}{2}\left(\partial_\rho R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}}+\partial_\alpha R_{\underset{\vee}{\beta\rho}}+\partial_\beta R_{\underset{\vee}{\rho\alpha}}\right)g^{\overset{\alpha\beta}{\vee}}\sqrt{\frac{h}{g}}\right]=0.$$

Le tenseur $S_{\alpha\beta}$ étant conservatif, (4.1) devient

$$(4.2)\qquad \nabla_\lambda(\chi T^\lambda_\rho)=-\frac{1}{2}\left(\partial_\rho R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}}+\partial_\alpha R_{\underset{\vee}{\beta\rho}}+\partial_\beta R_{\underset{\vee}{\rho\alpha}}\right)g^{\overset{\alpha\beta}{\vee}}\sqrt{\frac{h}{g}}.$$

Ces relations montrent que pour avoir (2.1) il est nécessaire et suffisant que le deuxième membre de (4.2) soit nul, c'est-à-dire, si l'on suppose dét$\left(g^{\overset{\alpha\beta}{\vee}}\right)\neq 0$

$$\partial_\alpha R_{\underset{\vee}{\beta\gamma}}+\partial_\beta R_{\underset{\vee}{\gamma\alpha}}+\partial_\gamma R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}}=0.$$

En particulier, les équations $R_{\underset{\vee}{\alpha\beta}}=0$ entraînent (2.1).

(1) A. LICHNEROWICZ, *Journal of Rational Mechanics and Analysis*, 3, n° 5, 1954, p. 487-521.

ÉLECTRICITÉ. — *La résistance de rayonnement d'une antenne dipôle au-dessus d'un plan conducteur, étudiée du point de vue de la prospection géophysique.* Note (*) de M. **FARIS MINAW**, présentée par M. Jean. Cabannes.

Introduction. — Il est intéressant d'étudier la variation des propriétés d'une antenne dipôle, placée sur le sable du désert dans une région aride, au-dessus d'une couche conductrice ou d'un réservoir d'eau souterraine. Pour un modèle théorique approximatif, on peut remplacer le sable aride par l'air (ou le vide), et la couche conductrice par un plan conducteur.

Théorie. — Dans le modèle indiqué le champ autour de l'antenne dipôle sera la résultante des champs produits par l'antenne dipôle et son image électrique. La différence de phase des deux champs dépend de la distance h de l'antenne au plan conducteur. Quand $h=0$, l'antenne et son image électrique coïncident, et leurs champs s'annulent. Il n'y a pas de rayonnement; la résistance de rayonnement R_r est nulle.

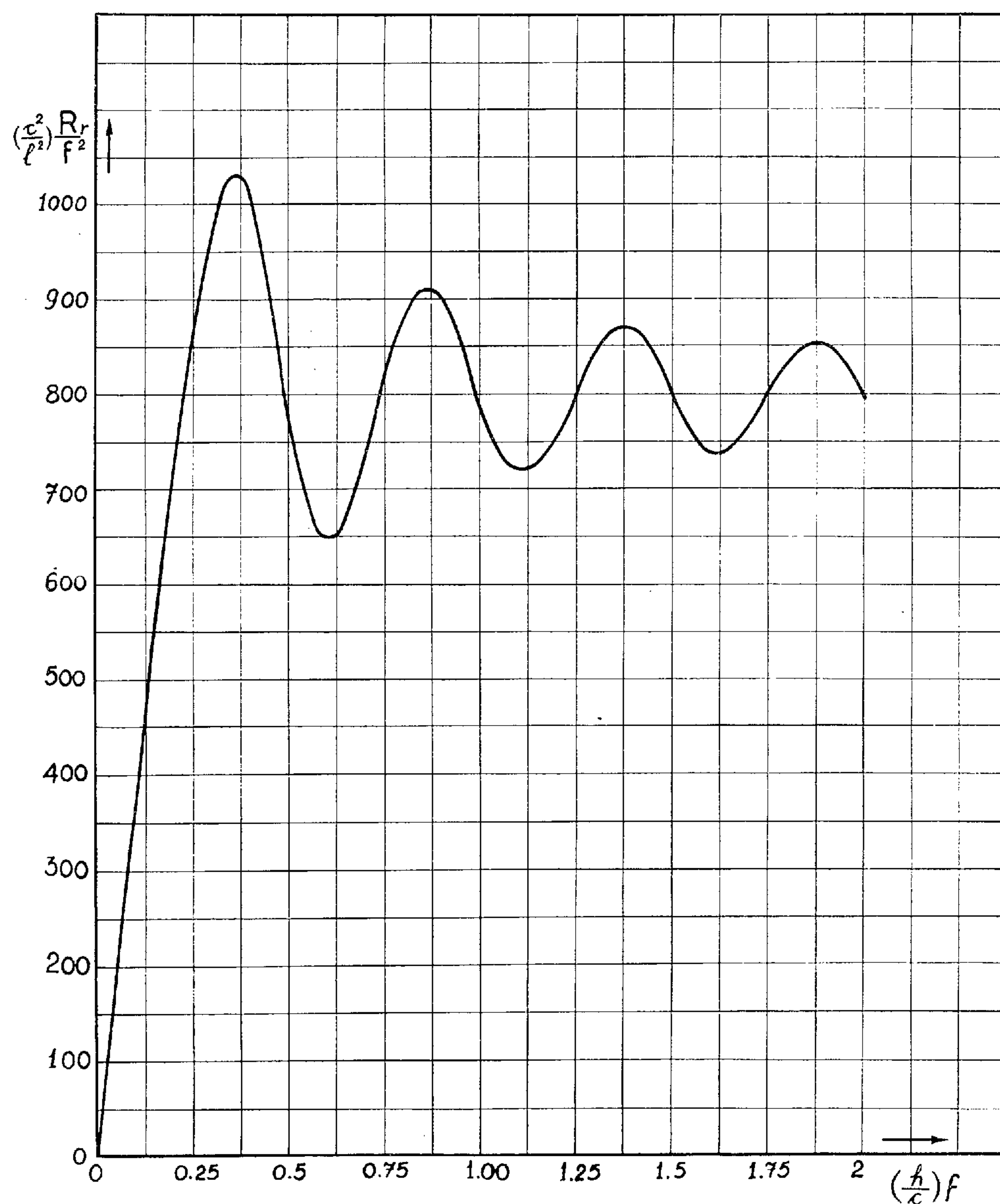
Avec l'augmentation graduelle de h, l'interférence entre les deux champs fait que R_r augmente graduellement de zéro jusqu'à un maximum (lorsque $h=4/\lambda$), puis elle varie périodiquement. On obtient un effet analogue lorsqu'on augmente la fréquence f d'excitation, en laissant h fixe.

La puissance rayonnée est donnée par $W=(1/2)R_r|I|^2$, où $R_r=R_{r11}-R_{r12}$ avec R_{r11}, résistance propre de rayonnement et R_{r12}, résistance mutuelle de rayonnement.

Dans la théorie des antennes (1), on a

$$R_{r11}=800\,\Omega\qquad\text{et}\qquad R_{r12}=\frac{l^2}{\lambda^2}\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\left[\left(\frac{1}{2s}-\frac{1}{8\pi^2s^3}\right)\sin 2\pi s+\frac{1}{4\pi^2s^2}\cos 2\pi s\right],$$

où s, $2h_0/\lambda$; h_0, la distance de l'antenne au plan conducteur; λ, longueur d'onde de l'excitation; l, demi-longueur de l'antenne.



La figure montre la courbe reliant les deux quantités :

$$(a)\quad R_r\frac{\lambda^2}{l^2}=\left(\frac{c^2}{l^2}\right)\frac{R_r}{f^2}\qquad\text{et}\qquad(b)\quad\frac{h_0}{\lambda}=\left(\frac{h_0}{c}\right)f.$$

La courbe monte de zéro à un maximum, puis elle oscille autour de la valeur de 800 Ω.

La distance entre deux maxima consécutifs est 1/2. Soient f_1 et f_2 les fréquences correspondant à deux maxima consécutifs. On a

$$\frac{h_0}{c}(f_2-f_1)=\frac{1}{2},\qquad h_0=\frac{c}{2(f_2-f_1)}=\frac{1,5.10^8}{f_2-f_1}\text{ m}.$$

Donc on peut déterminer la distance entre l'antenne dipôle et le plan conducteur au moyen de la relation graphique entre (*a*) (R_r/f^2) et (*b*) f (*fig.* 1).

Application à la prospection géophysique. — On étend une antenne dipôle d'une longueur de 50 à 100 m, terminée par deux plaques métalliques (2×2 m² chacune par exemple). Un courant de haute fréquence f est excité dans l'antenne. On mesure la résistance de rayonnement R_r en fonction de la fréquence f et l'on calcule R_r/f^2. On dessine la courbe reliant R_r/f^2 et f.

La situation dans l'expérience pratique s'approche de celle du modèle si les conditions suivantes sont satisfaites :

a. Le sable et les rochers sont suffisamment secs, et la résistivité assez élevée (résistivité $=10^6\ \Omega$.m ou plus);

b. L'humidité relative de l'atmosphère est assez basse (moins de 40 %);

c. Il n'y a pas de couche superficielle d'eau adsorbée qui puisse empêcher la pénétration des ondes électriques.

Soit h_0 la profondeur obtenue par le calcul pour le modèle, h_s la profondeur réelle dans le sol, ε_s la constante diélectrique du sol, on a

$$h_s=\frac{h_0}{\sqrt{\varepsilon_s}}=\frac{1,5.10^8}{(f_2-f_1)\sqrt{\varepsilon_s}}.$$

On peut déterminer ε_s par la méthode de Barfield ([2]). Pour une première approximation on peut utiliser la constante diélectrique ε_c de la combinaison air-sol, comme obtenue par la mesure de la vitesse des ondes électriques à la surface du sol. On étend une antenne $\lambda/2$ sur le sable. Soit $2l$ sa longueur, f la fréquence de résonance.

On a $v=f\lambda=4fl$, $\sqrt{\varepsilon_c}=c/v=3.10^8/4fl$.

Pour une première approximation, la profondeur h de la couche conductrice ou de l'eau souterraine sera donnée par $1,5.10^8/(f_2-f_1)\sqrt{\varepsilon_c}$.

Expériences. — Des expériences ont été faites par H. Löwy ([3]) et G. Leimbach ([4]). Ni la théorie, ni les détails pratiques ne sont accessibles. La présente communication propose la théorie d'une méthode de prospection utilisant une seule antenne. Le fait qu'il y ait un maximum de résistance de rayonnement à une profondeur d'environ ($\lambda/4$) suggère une certaine correspondance avec la résonance acoustique.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

([1]) Aharoni, *Antennae. An Introduction to their Theory*, Oxford Clarendon Press, 1946, p. 123.

([2]) *J. I. E. E.*, 76, 1934, p. 214.

([3]) Deutches Reichs Patent 254517.

([4]) Deutches Reichs Patent 273339.

ÉLECTRICITÉ. — *Problème général de la charge acquise par une particule sphérique dans un champ électrique bi-ionisé.* Note (*) de MM. **Marcel Pauthenier, Robert Cochet** et **Jean Dupuy**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'étude des flux d'ions captés par une particule sphérique isolée dans l'espace et placée dans un champ électrique ionisé contenant des ions des deux signes permet d'établir la loi de charge de cette particule en fonction du temps et montre l'existence d'une charge limite. Ces résultats contribuent à l'analyse de la précipitation dans les électrofiltres fonctionnant dans des conditions où la contre-émission est inévitable.

1. *Cas préalable d'un champ monoionisé et d'une particule de charge initiale quelconque.* — 1°) L'un de nous, avant de réaliser les premiers contrôles expérimentaux, a montré (1) qu'une particule sphérique *initialement neutre* exposée aux ions (par exemple, positifs), transportée par un champ ionisé uniforme E s'entoure progressivement (*fig.* 1) d'une zone répulsive (hachurée).

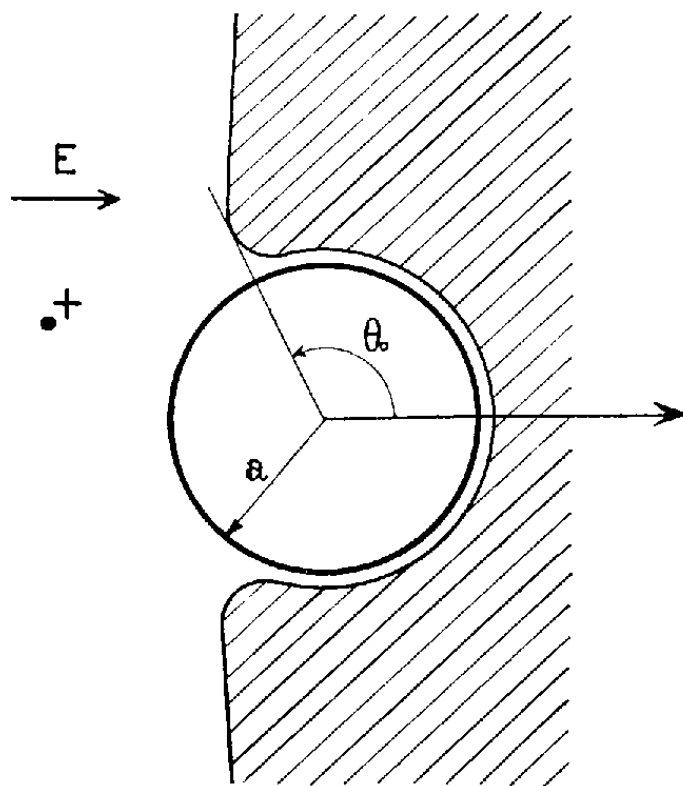


Fig. 1.

Le calcul du flux d'ions qui pénètre dans le cône de demi-angle d'ouverture θ_0 conduit aisément à la loi de charge de la particule, par exemple conductrice, en fonction du temps t :

$$(1)\qquad Q = 3\,E a^2 \frac{t}{t+\tau}, \qquad \text{où} \quad \tau = \frac{1}{\pi k_1 \rho_1}$$

(a, rayon de la particule; k_1, mobilité des ions; ρ_1, charge d'espace) en supposant E et ρ_1 constants pendant la charge.

Au cours d'autres recherches fut envisagée [(2) et (3)], l'équation en coordonnées polaires $f(\rho, \theta) = A$ des lignes de force autour d'un obstacle conducteur, ce qui dans le cas particulier de la sphère conductrice (*fig.* 2), portant

la charge $Q = nE$, conduit à la méridienne

$$E\rho^2 \sin^2\theta \left(1 + 2\frac{a^3}{\rho^3}\right) - 2Q\cos\theta = A \tag{2}$$

avec les mêmes hypothèses que plus haut. Il en résulte dans le cas des mêmes ions que précédemment le courant de charge

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\pi}{3Ea^2} k_1 \rho_1 (3Ea^2 - Q)^2, \tag{3}$$

ce qui conduit à la même *loi de charge* (1) et à la même *charge limite*, ici $3Ea^2$.

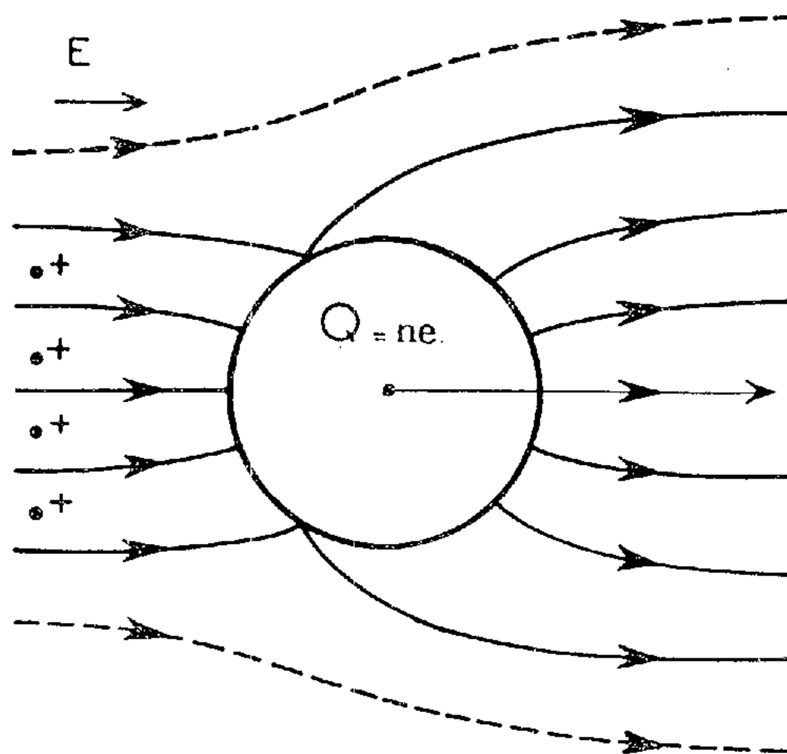


Fig. 2.

2° Dans le même cas d'un champ monoionisé, l'expérience conduit aussi à envisager le cas d'une *charge particulière initiale différente de zéro*. Si cette charge $+Q_i$ est de même signe que les ions incidents, pas de difficulté d'utilisation de la formule (3).

Si la charge initiale Q_i de la particule est $-3\,Ea^2$ pour $t = 0$, la loi de charge déduite de l'une ou l'autre méthode s'écrit

$$Q = 3Ea^2 \frac{2t - \tau}{2t + \tau},$$

Enfin, si $Q_i < -3Ea^2$, nous avons dans le domaine $-\infty < Q < -3Ea^2$,

$$Q = Q_i\, e^{-4\pi k_1 \rho_1 t}.$$

De toutes façons, les charges initiales de signe contraire aux ions du champ sont rapidement neutralisées.

2. *Cas général. Le champ électrique contient des ions des deux signes.* — Il arrive très souvent dans la technique de la purification électrique des gaz, par exemple, entre fil fin axial à haute tension négative et cylindre à la terre, que

l'électrode de dépôt (cylindre) qui ne doit normalement pas former d'ions, se mette à en libérer (ici ions +). Ce phénomène de *contre-émission* est signalé depuis longtemps, un de nos collaborateurs en a étudié des circonstances curieuses ([4]). Il trouble profondément la précipitation électrique.

Soient k_1 et k_2 les mobilités respectives des ions + et —, ρ_1 et ρ_2 les densités spatiales correspondantes (ions rapides, recombinaison négligeable).

Les méthodes de calcul résumées en (1) permettent de calculer l'effet de ce double flux sur une particule, par exemple initialement neutre. Le courant (algébrique) de charge de la particule peut s'écrire

$$(4) \qquad I = \frac{dQ}{dt} = \frac{\pi}{3Ea^2}[(3Ea^2 - Q)^2 k_1\rho_1 - (3Ea^2 + Q)^2 k_2\rho_2].$$

La loi de charge s'obtient simplement par intégration en posant comme condition initiale : $Q = 0$ pour $t = 0$

$$Q = Q_M \frac{(1 - e^{-\alpha t})(\beta + 1)^2}{(\beta + 1)^2 - (\beta - 1)^2 e^{-\alpha t}},$$

où

$$\alpha = 4\pi\sqrt{k_1\rho_1 k_2\rho_2}, \qquad \beta = \sqrt{\frac{k_1\rho_1}{k_2\rho_2}} \qquad \text{et} \qquad Q_M = 3Ea^2\frac{\beta - 1}{\beta + 1}.$$

Cette relation montre que, lorsque t tend vers l'infini, Q tend vers une limite Q_M : c'est la charge limite que peut prendre la particule en fonction des charges d'espaces données. Cette charge limite est atteinte quand le flux d'ions positifs est compensé par le flux d'ions négatifs. En particulier, la charge limite est nulle lorsque $k_1\rho_1 = k_2\rho_2$: il n'y a plus alors de précipitation électrique.

Lorsque $k_1\rho_1 = 0$, $Q_M = -3Ea^2$: nous sommes ramenés au cas des champs monoionisés ; de même lorsque $k_2\rho_2 = 0$, $Q_M = +3Ea^2$.

Dans ces deux cas particuliers, la loi de charge en fonction du temps se présente sous une forme indéterminée ; en levant cette indétermination, nous retrouvons la loi de charge classique relative au champ monoionisé. L'expression théorique de la charge d'une particule dans un champ bi-ionisé permet, en particulier, de connaître le comportement de telles particules dans un électro-filtre en fonctionnement industriel. Le champ ionisé dans lequel se chargent les particules contient alors des ions des deux signes. Le champ ionisé et les densités ρ_1 et ρ_2 étant déterminés, il suffit d'adjoindre aux équations dynamiques du mouvement la condition (4) pour obtenir la trajectoire et la charge d'une telle particule dans le champ ionisé. Notons que les petites particules, dont les vitesses de précipitation sont faibles, sont généralement soumises aux turbulences.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) M. Pauthenier, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 544 ; **195**, 1932, p. 115 et 213.

(2) R. Cochet et J. Dupuy, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 283.

(3) R. Cochet, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 243.

(4) Laurent, *Thèse d'Ingénieur-Docteur*, Paris, 1946.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau système d'électrodes en vue de la détermination de la résistivité transversale des isolants*. Note (*) de M. **Robert Lacoste**, transmise par M. Charles Camichel.

Après avoir rappelé le principe de la mesure de la résistivité transversale d'un isolant, l'auteur propose une technique d'application plus étendue en même temps que plus rigoureuse, grâce à l'emploi d'électrodes constituées par un dépôt métallique sur l'échantillon en essai.

On connaît la méthode normalisée de mesure de la résistivité transversale d'un isolant, qui fait appel à l'utilisation d'un système d'électrodes de mercure.

Deux difficultés importantes nous sont apparues lors de l'application de cette méthode à une série d'études expérimentales sur les isolants à base de matières plastiques.

D'une part, on ne peut définir parfaitement la surface d'électrode : il est en effet très mal aisé d'éliminer les couches d'air qui s'interposent entre le mercure et l'isolant, en particulier sur l'électrode inférieure; de plus, le mercure n'est pas un métal suffisamment « mouillant » pour assurer un contact parfait en tous points d'une surface rugueuse.

Ces inconvénients prennent évidemment toute leur importance lorsqu'on se propose de déterminer la résistivité transversale d'isolants de très faible épaisseur.

D'autre part, l'utilisation du dispositif normalisé ne saurait en aucune façon être envisagée dans le cas de matériaux ne présentant pas une rigidité mécanique suffisante.

Ces considérations nous ont conduit à utiliser dans nos études un système d'électrodes métalliques obtenues par évaporation thermique sous vide dont le contact électrique avec la surface de l'isolant étudié fut aussi parfait que possible, quelle que soit la nature de cette surface et l'épaisseur de l'échantillon. Ce dernier, recouvert d'un écran, correspondant à la forme d'électrode désirée, est placé à une certaine distance d'un creuset contenant le métal à vaporiser, cet ensemble étant enfermé dans une enceinte où l'on fait le vide.

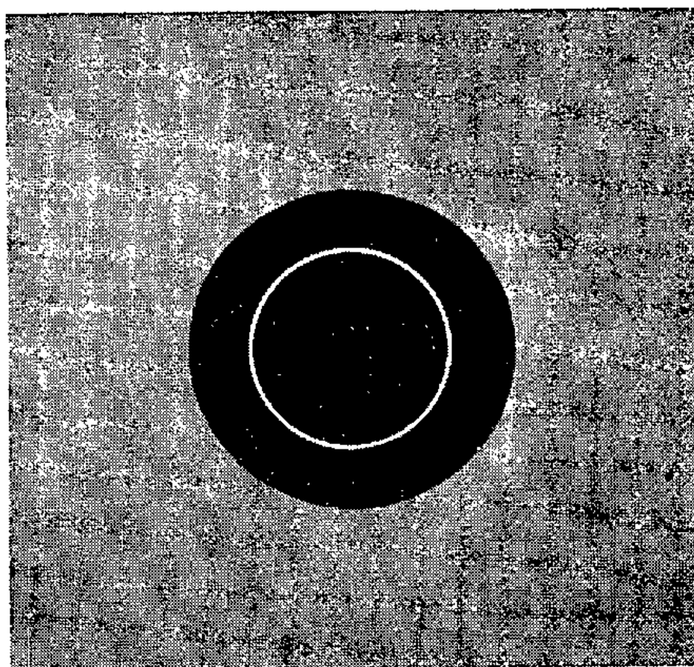
Le dépôt de cette couche de métal crée sur la face correspondante de l'échantillon une surface équipotentielle sur laquelle on applique une contre-électrode constituée, par exemple, par un feuillard de même métal directement réuni à la source de tension. Il n'est donc pas nécessaire que l'électrode et la contre-électrode présentent un contact continu sur toute l'étendue de leur surface. De plus, ce dispositif évite d'exercer une contrainte de compression sur l'échantillon, tout en obtenant une densité de courant constante au sein du diélectrique.

La méthode se prête parfaitement à l'utilisation de la plupart des métaux usuels. Pour éviter une structure lacunaire, l'épaisseur du dépôt, qu'il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'obtenir très uniforme, doit être cependant suffisamment grande devant les dimensions des cristaux élémentaires, de l'ordre de 20 à 80 Å [1]; d'autre part, une épaisseur trop importante favorise l'apparition de discontinuités dans la masse, lors de pliages de l'échantillon, par exemple.

Le choix de la pression dans l'enceinte, lors de la vaporisation, est également le résultat d'un compromis entre l'obtention d'une adhérence optimum de la couche métallique et la nécessité d'éviter un changement dans la structure de l'isolant étudié, en particulier par dégazage de l'un des constituants du matériau en essai.

Les nombreuses expériences que nous avons réalisées nous ont conduit à choisir pour les matériaux étudiés, des couches de cuivre d'épaisseurs voisines de 2 000 Å, déposées sous une pression de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure.

Le cliché ci-dessous montre un dispositif d'électrodes adoptées pour la mesure de la résistivité transversale de films de polyéthylène : électrode circulaire avec anneau de garde sur une face, électrode rectangulaire sur la deuxième face.



L'ionisation provoquée de l'atmosphère résiduelle de l'enceinte, pendant la mise sous vide, permet de compléter, par bombardement d'ions, le nettoyage préalable des surfaces des isolants étudiés.

De plus, l'observation microscopique de ces surfaces a montré qu'elles ne subissaient aucune altération due à la couche métallique déposée dans les conditions décrites ci-dessus.

La méthode proposée peut donc être appliquée sans inconvénient à tout isolant pouvant supporter sans déformation de structure une pression

de 10^{-3} mm de mercure. Elle est d'un emploi particulièrement commode pour les mesures effectuées sur films et essentiellement valable pour les isolants dont la surface présente une certaine rugosité.

En outre, la forme et les dimensions des électrodes pouvant être quelconques, la méthode peut aussi bien s'adapter à la détermination des résistivités moyennes d'une substance, qu'à la réalisation d'une « carte de résistivité » d'un échantillon donné.

On peut enfin, sans difficulté, étendre le procédé à la réalisation d'électrodes en vue de la mesure de la résistivité superficielle ou de la constante diélectrique d'un isolant.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) L. LAFOURCADE, *Thèse de doctorat ès-Sciences physiques*, Toulouse, 1952.

MAGNÉTISME. — *Corrélations spatiales dans un ferromagnétique au voisinage du point de Curie*. Note (*) de MM. **Pierre Gilles de Gennes** et **André Herpin**, présentée par M. Francis Perrin.

La forme des corrélations de spin est déduite de la théorie du champ moléculaire.

1. Les fluctuations spontanées de l'aimantation au voisinage du point de Curie jouent un rôle important à la fois pour les propriétés thermomagnétiques (1) (variation thermique de l'aimantation et chaleurs spécifiques) et pour la diffusion des neutrons (2). Dans ce dernier cas, il est nécessaire de connaître la fonction de corrélation

$$\gamma_{\vec{R}} = \left\langle \delta\vec{S}_0\, \delta\vec{S}_{\vec{R}} \right\rangle. \quad (1)$$

où $\delta\vec{S}_{\vec{R}}$ est la fluctuation du spin $\vec{R}$. La forme asymptotique de $\gamma_{\vec{R}}$, pour R grand par rapport à la maille a et pour $|T - T_c| \ll T_c$ est, comme nous allons le montrer

$$\gamma_{\vec{R}} = \frac{v_0 S(S+1)}{4\pi r_1^2 R} e^{-\varkappa_1 R}, \quad (2)$$

v_0 est le volume par porteur magnétique.

r_1 caractérise l'importance des corrélations dont la portée est définie par $1/k_1$. L'intensité moyenne des fluctuations est égale à

$$\frac{N}{v_0} \int \gamma_{\vec{R}}\, d\vec{R} = N \frac{S(S+1)}{(r_1 \varkappa_1)^2}.$$

Nous nous proposons de calculer $\varkappa_1$ à l'approximation du champ moléculaire, puis de déduire r_1 de considérations thermodynamiques. Au-dessous du point

de Curie, nous avons déterminé $\varkappa_1$ à partir de fluctuations parallèles à l'aimantation moyenne.

2. Considérons un spin particulier dont le moment magnétique moyen est μ_1. Soit μ_0 la longueur maximum de ce moment. et μ_v le moment magnétique moyen des voisins de μ_1.

Dans l'hypothèse du champ moléculaire, μ_1 et μ_v sont liés par

$$\mu_1 = \mu_0 \, B\left[\frac{T_c}{T}\frac{\mu_v}{\mu_0}\right] \tag{3}$$

où $B(x)$ est la fonction de Brillouin-Langevin pour la longueur S des spins. Nous verrons que le résultat est indépendant de S. Pour x petit,

$$B(x) = x - cx^3. \tag{4}$$

Si l'on fixe l'aimantation moyenne d'un spin, les autres spins s'orientent autour de lui selon une configuration « en toile de tente » déterminée par l'équation (3). Pour $R \gg a$, l'aimantation moyenne varie peu d'une maille à l'autre :

$$\mu_v = \mu_1 + \alpha a^2 \nabla^2 \mu_1. \tag{5}$$

α est un facteur numérique qui dépend de la portée de l'interaction d'échange (pour un réseau cubique simple $\alpha = 1/6$, pour un réseau cubique centré $\alpha = 1/8$ si les interactions ont lieu entre premiers voisins).

Soit $\varepsilon(R)$ l'écart à la moyenne de l'aimantation $\bar{\mu}$ supposé petit. (3) et (5) nous donnent

$$\varepsilon(R)\left(1 - \frac{T_c}{T}B'\right) = \frac{T_c}{T}B' \alpha a^2 \nabla^2 \varepsilon(R). \tag{6}$$

Les solutions convenables de (6) sont de la forme

$$A\frac{e^{-\varkappa_1 R}}{R}, \tag{7}$$

où

$$a^2 \varkappa_1^2 = \left(1 - \frac{T_c}{T}B'\right)\frac{T}{T_c}\frac{1}{\alpha B'}. \tag{8}$$

3. Au-dessus du point de Curie, $B' = 1$, d'où

$$a^2 \varkappa_1^2 = \frac{1}{\alpha}\,\frac{T - T_c}{T_c}. \tag{9}$$

Au-dessous du point de Curie, il est nécessaire d'utiliser le terme cubique dans $B(x)$:

$$B' = 1 - 3c\left(\frac{\mu}{\mu_0}\frac{T_c}{T}\right)^2 \tag{10}$$

et la loi d'aimantation s'écrit

$$c\left(\frac{\mu}{\mu_0}\right)^2 = \left(\frac{T_c}{T} - 1\right)\left(\frac{T}{T_c}\right)^3 \tag{11}$$

On en déduit

(12) $$a^2 \varkappa_1^2 = \frac{2}{\alpha} \frac{T_c - T}{T_c}.$$

Le rapport des pentes de $\varkappa_1^2(T)$ au-dessus et au-dessous du point de Curie est -2, ce qui est confirmé par des mesures préliminaires de diffusion de neutrons sur le fer dues à M. Galula et B. Jacrot ([3]). Pour le fer, l'examen de la courbe de Néel ([1]) conduit à admettre une interaction magnétique entre seconds voisins d'où $\alpha = 1/6$. Une étude thermodynamique simple permet de déterminer $(\varkappa_1 r_1)^2$ par l'analyse des fluctuations. Dans les deux domaines on trouve

$$r_1^2 = \alpha a^2.$$

On prévoit donc pour le fer

$$r_1 = \frac{a}{\sqrt{6}} = 1,17 \text{ Å}$$

en bon accord avec la détermination de Shull et Wilkinson ([4]). Pour le fer, des calculs plus fins mais moins généraux basés sur le modèle de Bethe-Peierls-Weiss, en cours en Angleterre ([5]), donnent des résultats analogues. La différende entre les pentes de $\varkappa_1^2(T)$ au-dessus et au-dessous du point de Curie a une signification physique très générale : elle traduit la forme parabolique de la courbe d'aimantation au voisinage du point de Curie ($\mu =$ const. $\sqrt{T_c - T}$).

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) L. Néel, Réunion d'Étude sur le Magnétisme, Strasbourg, 1939.

(2) L. van Hove, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 1374.

(3) Communication privée.

(4) *Phys. Rev.*, 103, 1956, p. 525.

(5) R. J. Elliot et Marshall, Communication privée.

MAGNÉTISME. — *Contribution à l'étude expérimentale des interactions du type champ moléculaire. Cas des solutions solides d'un métal ferromagnétique ou d'un métal antiferromagnétique dans le palladium.* Note (*) de M. **Joseph Cohen**, transmise par M. Gabriel Foëx.

La notion de champ moléculaire, introduite par Pierre Weiss, permet d'interpréter la plupart des faits expérimentaux en matière de magnétisme des solides. Mais, en tant qu'hypothèse phénoménologique elle ne renseigne pas sur le mécanisme des interactions. Nos connaissances dans ce domaine sont encore lacunaires; en particulier le rôle joué par le milieu est assez mal connu.

Les interactions sont caractérisées par la constante Θ de la loi de Weiss $\chi(T - \Theta) = C$. Dans le palladium cette constante est négative.

Pour la faire passer à une valeur positive il suffit de dissoudre dans le palladium quelques centièmes de nickel ou de cobalt. A une concentration atomique de 10 % une solution solide de cobalt dans le palladium est ferromagnétique à la température ordinaire ([1]). Dans une solution de ce genre les distances entre atomes de cobalt sont trop grandes pour que l'on puisse attribuer le ferromagnétisme à des interactions directes cobalt-cobalt. Le palladium joue certainement un rôle; il convient de le préciser; on peut en particulier se demander si ce rôle est lié ou non à l'existence d'un moment magnétique dans certains atomes de palladium.

En vue d'obtenir de nouveaux renseignements sur les champs moléculaires, M. Foëx m'a conseillé d'étudier quelques alliages du palladium devenant ferromagnétiques pour une très faible concentration en métal dissous. Nous avons étendu notre étude à des solutions de métaux antiferromagnétiques dans le palladium. Dans la présente Note nous résumerons les résultats obtenus avec les palladium-nickel et les palladium-chrome.

Les palladium-nickel se prêtent particulièrement bien à une étude de ce genre : les deux éléments ont même structure électronique extérieure; ils possèdent tous deux 0,6 trous par atome; ils sont solubles l'un dans l'autre en toutes proportions.

Les alliages Ni-Pd ont déjà été étudiés dans la région ferromagnétique par Ch. Sadron ([2]) et dans le domaine paramagnétique par Ch. Manders ([3]). Nous avons repris de façon plus approfondie l'étude paramagnétique des solutions pauvres en nickel.

Les alliages ont été préparés par fusion sous vide à l'aide d'un four à haute fréquence. Ils ont été recuits 24 h à 800° C. Les mesures ont été étendues de la température ordinaire à 800° C. Dans cet intervalle les susceptibilités des Pd-Ni non corrigées du diamagnétisme obéissent à la loi de Curie-Weiss à moins de 5 ‰ près. Un alliage à 3,8 % de nickel suit une loi de Curie-Weiss à 1 % près sur un intervalle de température s'étendant de 80 à 1400° K. Les points de Curie paramagnétiques ainsi définis s'écartent peu des points de Curie ferromagnétiques.

Les solutions solides Pd-Ni se comportent donc comme des corps purs du point de vue magnétique. Les résultats de nos mesures sur les Pd-Ni et les Pd-Cr figurent dans le tableau suivant.

Il y a lieu de remarquer que les constantes de Curie des Pd-Ni diffèrent très peu de celle du palladium pur tant que la concentration en nickel n'est pas trop forte. Sadron avait observé de même que, dans la région riche en nickel du système Ni-Pd, le moment du palladium est identique à celui du nickel au moins jusqu'à 20 atomes % de palladium et que le moment du palladium est orienté comme celui du nickel par les mêmes interactions.

Pd-Ni.								
			Manders.			Pd-Cr.		
Ni (%).	Θ (°K).	C_{mol}.	Pd (%).	Θ (°K).	C_{mol}.	At. (%).	Θ (°K).	C_{mol}.
0,24	—100	0,255	0	630	0,327	1	— 200	0,256
0,44	—112	0,260	2,31	634	0,328	2,69	— 415	0,287
0,58	—120	0,260	5,95	623	0,329	3,87	— 565	0,306
2	— 25	0,263	11,5	596	0,328	6,89	— 790	0,355
2,8	— 10	0,261	26,8	572	0,337	8,53	— 948	0,394
6,1	100	0,273	45,22	506	0,330	13,17	— 940	0,456
14,32	190	0,270	69,14	383	0,308	16,8	—1 000	0,513
15,5	242	0,277	83,27	253	0,283	17,5	—1 000	0,533
17	265	0,2784	91,30	157	0,249			

La courbe 1 montre, d'après les mesures de Manders et les nôtres, l'influence de la concentration en nickel sur la constante de Curie pour l'ensemble du système Pd-Ni.

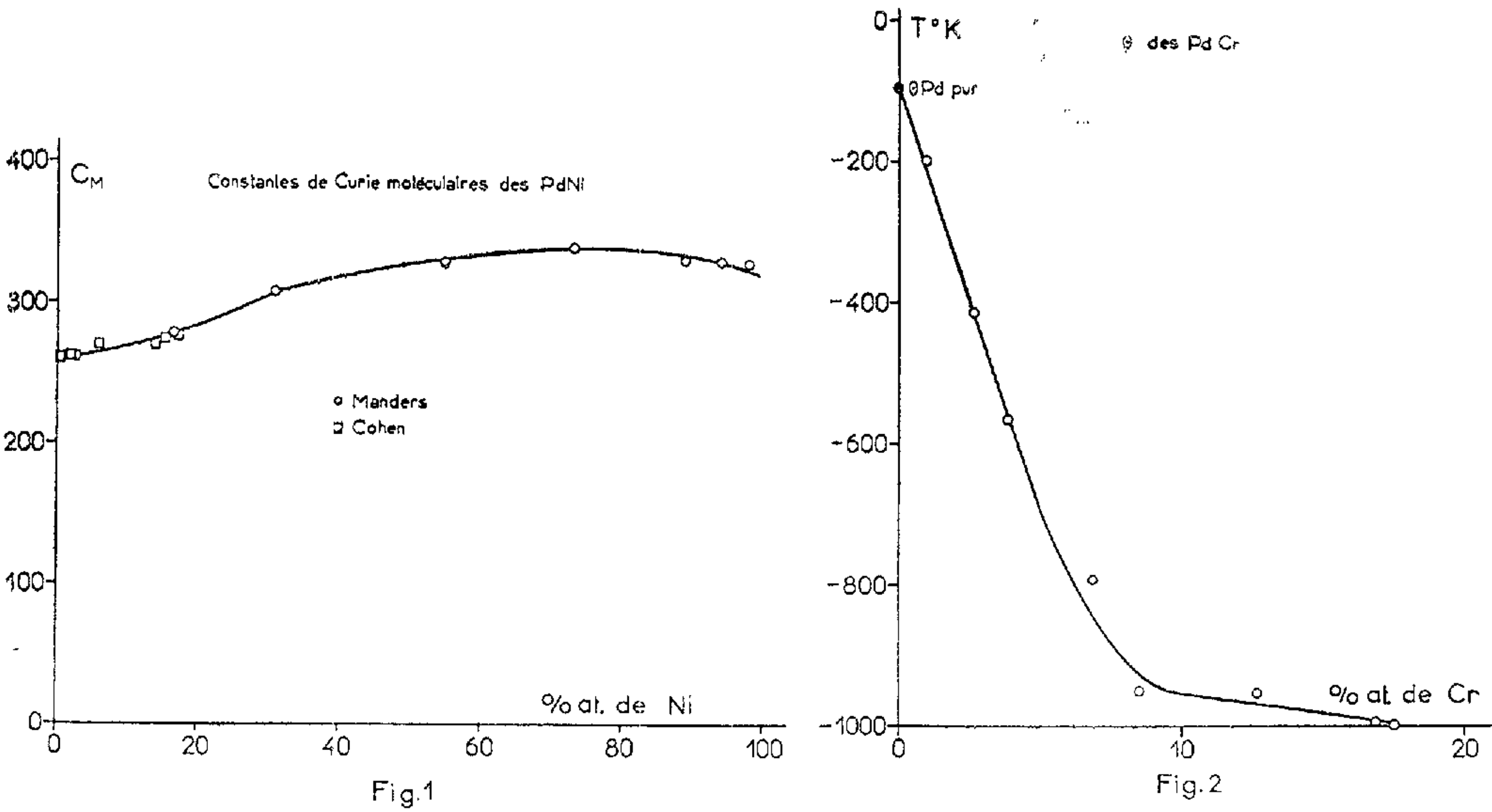


Fig.1

Fig.2

Dans les Pd-Cr la constante de Curie croît linéairement avec la concentration en chrome. Dans ce système les Θ, négatifs, prennent des valeurs absolues de plus en plus grandes à mesure que la concentration en chrome augmente. Les propriétés se rapprochent de plus en plus de celles d'un antiferromagnétique (courbe 2).

Dans les Pd-Ni les propriétés tournent au contraire rapidement vers le ferromagnétisme. Dès que celui-ci se manifeste le point de Curie ferromagnétique se place, comme d'habitude, un peu au-dessous du point de Curie paramagnétique Θ. En fonction de la concentration, les Θ sont assez

bien représentés par la loi hyperbolique

$$\Theta = \frac{116\,500\,x - 5\,000}{141\,x + 35},$$

où x est la concentration atomique du nickel (courbe 3). Le passage d'un Θ négatif à un Θ positif se produit sans aucune discontinuité, sans aucune particularité de la courbe. Cela conduit à penser que, dans les métaux tout

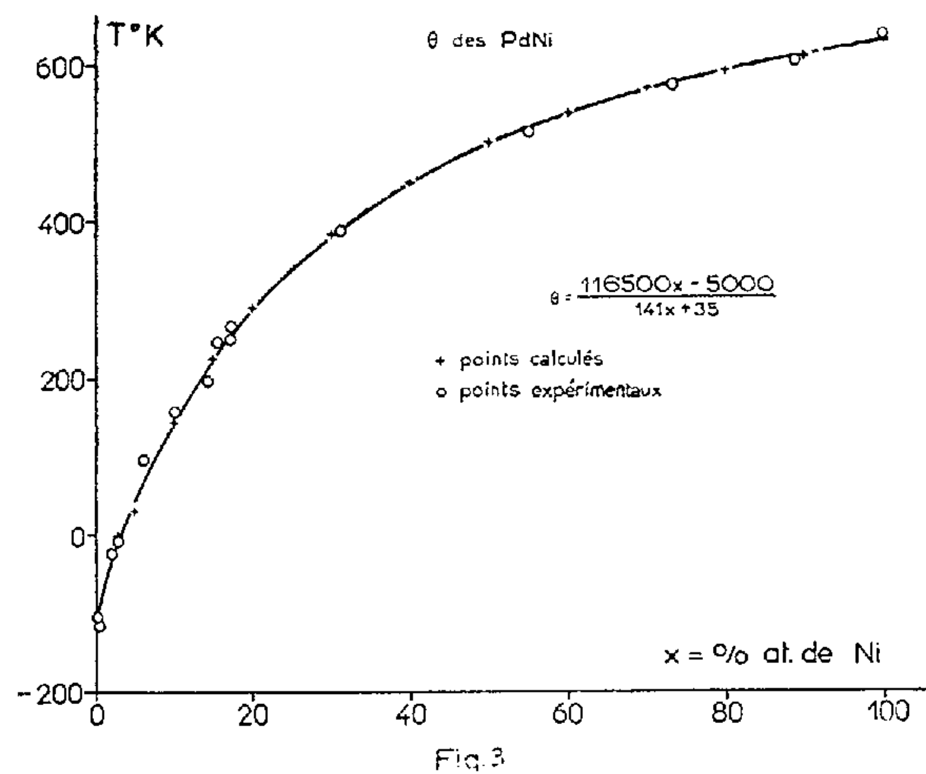


Fig. 3

au moins, les interactions dans ces corps ferromagnétiques ne sont pas fondamentalement différentes de celles qui existent dans les corps antiferromagnétiques. Il est possible que plusieurs mécanismes de couplage existent simultanément. Le passage d'un Θ positif à un Θ négatif s'effectuerait alors par la prépondérance d'un type d'interaction sur l'autre.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) GRUBE et WINCKLER, *Z. Electrochemie*, 41, 1935, p. 52.

(2) *Ann. Phys.*, 17, 1932, p. 371.

(3) *Ann. Phys.*, 5, 1936, p. 167.

ÉLECTROMAGNÉTISME THÉORIQUE. — *Sur la notion d'écrans infiniment minces et infiniment conducteurs.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

En théorie électromagnétique, on considère souvent des écrans infiniment minces et infiniment conducteurs. Il importe de préciser le sens du passage à la limite sous-entendu par cette conception. Il s'agit de plaques métalliques dont l'épaisseur est petite par rapport à la longueur d'onde et grande par rapport à la coque fictive de Kelvin.

Considérons, par exemple, une plaque de cuivre d'épaisseur 0,1 mm à la fréquence de 1000 MHz, correspondant à la longueur d'onde de 30 cm. Le rapport de l'épaisseur à la longueur d'onde est de 1/3000, celui de l'épaisseur à la coque est égal à 50, la profondeur de la coque étant 2 μ. On établit d'ailleurs facilement que si une plaque de cuivre de cette épaisseur, ayant la forme d'un plan indéfini, reçoit une onde plane à la fréquence de 1000 MHz sous l'incidence normale, le champ électrique à la surface est de 6.10^{-5} fois celui de l'onde incidente.

Assimilant une telle plaque à un conducteur parfait d'épaisseur infiniment petite, on fait donc dans les calculs les approximations suivantes : 1° on néglige le rapport a/λ de l'épaisseur de la plaque à la longueur d'onde; 2° on admet que les courants induits sont purement superficiels; 3° on néglige la composante tangentielle du champ électrique total à la surface par rapport à celle de l'onde incidente et l'on écrit que cette composante est nulle : $E_t = 0$.

Il en résulte que l'écran infiniment mince et infiniment conducteur entendu sous ce sens est, en réalité, un conducteur de dimension finie. Par suite, en tout point de la surface, on peut écrire, sous l'approximation fixée plus haut : $E_t = 0$. Il en résulte que, nulle part à la surface du conducteur, le champ électrique ne devient infini et que la densité superficielle des courants dont l'écran est le siège reste finie, même le long de la limite de l'écran, s'il est de dimensions finies. En vertu du passage à la limite tel que je viens de de le pratiquer, on ne doit donc faire intervenir, dans l'évaluation du rayonnement secondaire de l'écran, aucune intégrale de contour correspondant à un courant qui prendrait une valeur finie le long des limites de l'écran et correspondrait le long de ces lignes à une densité superficielle de courant infinie.

A partir de telles considérations, on établit le théorème de Babinet, au sens de la théorie électromagnétique, différent de celui que l'on énonce en optique, où il concerne la diffraction au voisinage d'un foyer; dans le cas de l'optique, le théorème de Babinet est une conséquence du principe de Huygens et sa valeur est approximative. En théorie électromagnétique, son énoncé correct est le suivant : soient deux écrans plans infiniment minces, infiniment conducteurs et complémentaires, tels que les pleins de l'un correspondent aux vides de l'autre. Ces écrans reçoivent des ondes incidentes planes dont les champs sont, dans le premier cas $(\vec{E}_1^i, \vec{\mathcal{H}}_1^i)$, et pour le second écran : $\vec{E}_2^i = (-\sqrt{\mu/\varepsilon})\vec{\mathcal{H}}_1^i$, $\vec{\mathcal{H}}_2^i = (\sqrt{\varepsilon/\mu})\vec{E}_1^i$; les deux ondes incidentes ont leurs polarisations croisées. Soient alors $(\vec{E}_1, \vec{\mathcal{H}}_1)$, $(\vec{E}_2, \vec{\mathcal{H}}_2)$ les champs totaux pour les deux écrans respectivement, $(\vec{E}_1^{ref}, \vec{\mathcal{H}}_1^{ref})$ les champs réfléchis par le premier écran supposé plein, $(\vec{E}_1^i, \vec{\mathcal{H}}_2^i)$ les champs, dans le second cas, en enlevant l'écran. L'expression du théorème de Babinet est :

1° à gauche des écrans :

$$\vec{E}_1 - \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\,\vec{\mathcal{H}}_2 = \vec{E}_1^{\text{ref}}, \qquad \vec{\mathcal{H}}_1 + \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\,\vec{E}_2 = \vec{\mathcal{H}}_1^{\text{ref}};$$

2° à droite des écrans :

$$\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\,\vec{E}_1 + \vec{\mathcal{H}}_2 = \vec{\mathcal{H}}_2^{t}, \qquad \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\,\vec{\mathcal{H}}_1 - \vec{E}_2 = -\vec{E}_2^{t}$$

en unités M.K.S.C. rationalisées, l'onde incidente provenant de la gauche. Ce théorème permet de passer de la diffraction d'un écran à celle du trou complémentaire. Il peut être établi à partir de considérations simples et sans faire intervenir les notions de charges ou de courants magnétiques ainsi que le font plusieurs exposés.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Effet des fluctuations de pente sur la sensibilité des autooscillateurs.* Note (*) de M. **Maurice Buyle-Bodin**, transmise par M. Louis Néel.

La fluctuation de courant ΔI dans la lampe entraîne la fluctuation de pente ΔS. D'effet négligeable dans les amplificateurs, cette fluctuation est à l'origine du bruit des autooscillateurs fonctionnant près de l'accrochage. On en déduit la sensibilité à la résonance des autooscillateurs employés en spectroscopie d'absorption.

L'étude des spectrographes hertziens à absorption montre que la sensibilité théorique serait maximum au voisinage du point d'accrochage de l'oscillateur utilisé. Mais, dans ces conditions, les composantes basse fréquence du bruit de l'oscillateur acquièrent aussi leur amplitude maximum. Nous nous proposons de justifier ces faits par l'influence des fluctuations des caractéristiques des lampes.

Les expériences faites [1] sur les oscillateurs mettent en évidence un fort accroissement de leur bruit dans le domaine des basses fréquences. Ce bruit ne peut provenir que de l'effet de scintillation des cathodes et des bruits microphoniques de la lampe (que nous négligeons). Or, le spectre de ces bruits est limité aux fréquences basses [inférieures à 20 kHz environ [2]] et ne peut exciter les circuits oscillants utilisés : il intervient donc par une modulation aléatoire des caractéristiques de la lampe (surtout sa pente).

La scintillation des cathodes que l'on attribue à des réarrangements structuraux de la surface émissive équivaut à l'effet d'une variation brutale de la « température locale d'émission ». On peut donc estimer les relations entre fluctuations de courant ΔI et de pente ΔS à l'aide de mesures statiques pour différentes températures de cathode. De telles mesures montrent que, à tensions plaque et grille données, le coefficient d'amplification $\mu = \rho S$ est constant alors

que pente S et courant I varient proportionnellement avec une bonne approximation dans la zone d'emploi des tubes (grandes pentes) : $S = aI$.

En appliquant la relation $\Delta S = a.\Delta I$ à un amplificateur linéaire (triode avec une faible charge de plaque comparée à la résistance interne) on trouve que le bruit de ΔS est négligeable devant celui de ΔI. Voyons maintenant l'importance qu'il prend dans les auto-oscillateurs.

Cas des auto-oscillateurs à lampe. — On montre ([3]) que le bruit classique de la lampe (fluctuations de I) est faible devant celui de l'agitation thermique dans le C. O. si celui-ci est placé dans la grille de la lampe.

Prenons donc ce montage que l'on peut résumer dans la figure 1, où :

G, conductance équivalente du C. O. On néglige la conductance du circuit de régénération lorsque $i = 0$ grâce à une construction appropriée;

$\alpha_i(v)$, générateur du courant i dont on n'utilise que la fraction αi pour la réaction (α en exprime le taux).

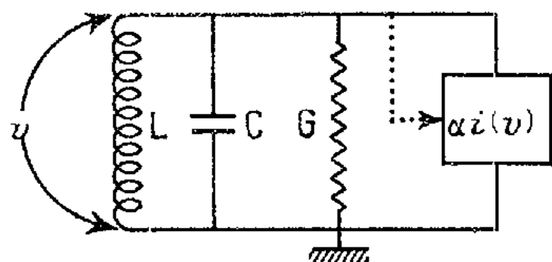


Fig 1.

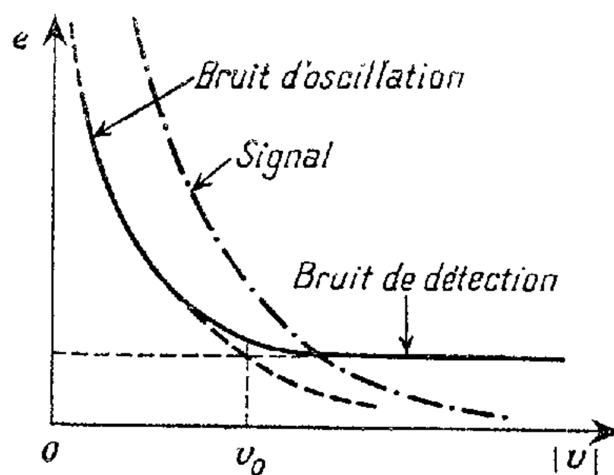


Fig. 2.

Les oscillations stables s'obtiennent lorsque

$$G + G_n = 0 \qquad \text{ou} \qquad G - \alpha\left(\frac{i}{v}\right) = 0.$$

Que le rapport (i/v) soit lié à la valeur instantanée de v (limitation par courbure de caractéristique) ou à la valeur de l'amplitude de v (limitation par filtre d'enveloppe) on obtient une amplitude d'oscillation ([4]) :

$$|v| \sim \left[\frac{\alpha S - G}{k}\right]^{\frac{1}{2}},$$

k, coefficient de limitation proportionnel à $\partial^2 S/\partial V_g^2$ dans le premier cas, au taux de contre réaction appliquée dans le deuxième cas.

D'où la tension de bruit, due à ΔS :

$$(1) \qquad e_3 = \Delta |v| \sim \frac{\alpha \Delta S}{[k(\alpha S - G)]^{\frac{1}{2}}} = \frac{\alpha \Delta S}{k|v|}.$$

On constate que ce bruit est très fort au voisinage de l'accrochage ($|v|$ petit) et devient dans ce cas *prépondérant* par rapport aux bruits jusqu'ici évoqués.

L'expérience confirme l'atténuation du bruit lorsque l'oscillateur est écarté du point d'amorçage des oscillations.

L'oscillateur à niveau de bruit d'amplitude e_3 minimum s'obtiendra donc en prenant :

a. un fort taux de contre-réaction d'amplitude k. Cette condition rejoint celle exigée pour une bonne stabilité de fréquence ([4]).

b. un faible taux de réaction α, ce qui appelle un C. O. à forte impédance. On évitera donc de l'amortir par le circuit de régénération, et on le choisira à Q maximum. On retrouve alors la condition pour que le bruit classique de la lampe soit négligeable devant celui du C. O. ([1]).

De plus, il faudrait considérer l'influence de ΔS sur la fluctuation de fréquence de l'oscillateur. Il serait aussi intéressant d'envisager l'effet de ΔS dans le fonctionnement des mélangeuses et des détecteurs synchrones.

Emploi en spectroscopie hertzienne. — Dans ce cas il s'agit de noter la variation dG du C. O. produite par le passage à la résonance. La sensibilité à cette variation prend la forme de la tension

$$e_4 \sim \frac{dG}{[k(\alpha s - G)]^{\frac{1}{2}}} = \frac{dG}{k|v|}. \tag{4}$$

La résonance se manifeste par l'apparition d'un terme résistif (spectroscopie d'absorption) et le rapport signal sur bruit s/b prend alors la forme

$$\frac{s}{b} = \frac{dG}{\alpha\,\Delta S} = 4\pi Q \chi \frac{S}{\Delta S}.$$

En spectroscopie de radiofréquence la largeur des raies (quelques kilohertz) entraîne l'observation dans le domaine des basses fréquences. Le bruit provient donc du spectre basse fréquence du bruit des lampes dans lequel l'effet de scintillation est prépondérant. Si on l'exprime ([2]) par la fluctuation de courant $\Delta I = I x(t)$, on aura d'après la conclusion plus haut $s/b = 4\pi Q \chi''/x(t)$.

Au voisinage de l'accrochage la sensibilité à la résonance est donc la même que celle au bruit de ΔS [équations (1) et (2)]. Dans cette zone le rapport signal/bruit est constant en fonction de $|v|$, (il faut toutefois éviter le voisinage immédiat de l'accrochage à cause de l'instabilité trop grande de l'oscillation sous l'effet de facteurs extérieurs).

Lorsque l'amplitude $|v|$ dépasse la limite v_0 (*fig.* 2), le bruit de ΔS devient plus petit que le bruit du système de détection qui reste seul en jeu alors que la sensibilité à la résonance continue à décroître. Le rapport signal/bruit diminue alors comme le confirme l'expérience.

Ici aussi il faudrait faire intervenir la fluctuation de fréquence Δf (conséquence de ΔS) qui élargit la « raie » de l'oscillateur. Il en résulte un étale-

ment de la raie de résonance, ce qui diminue encore la sensibilité du spectrographe et affecte sa fidélité.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) I. L. BERNSHTEJN, *Izvest. Akad. Nauk.* Série Physique, 14, n° 2, 1950, p. 145.

(2) A. BLANC-LAPIERRE, *Pub. de l'Inst. de statistique de l'Université de Paris*, II, fasc. 3, 1953.

(3) A. BLAQUIÈRE, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1316.

(4) Y. ROCARD, *Dynamique générale des vibrations*, Masson, Paris, 1949.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Étude des spectres d'absorption infrarouge de l'acide sulfamique ordinaire, de l'acide sulfamique lourd et de leurs sels.* Note (*) de Mme **THÉRÈSE DUPUIS**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude du spectre d'absorption infrarouge de l'acide sulfamique et de ses sels entre 700 cm^{-1} et 3 500 cm^{-1} montre qu'il se présente à l'état solide sous les deux formes suivantes : la forme acide $NH_2.SO_2OH$ et la forme amino-acide $NH_3^+ - SO_3^-$.

Nous avons signalé dans une Note précédente (1) que le spectre d'absorption infrarouge de l'acide sulfamique présente, en plus des fréquences fondamentales du groupement $SO_3 - NH_2$, trois fortes régions d'absorption qui n'existent pas dans le spectre de ses sels. On peut penser que ces bandes sont produites par les mouvements vibratoires de l'atome d'hydrogène se trouvant seulement dans l'acide de formule $NH_2.SO_3H$.

Les sulfamates métalliques de formule générale $NH_2.SO_3M$, présentent à 3 366 cm^{-1} et à 3 297 cm^{-1}, deux bandes caractéristiques du groupement NH_2 (vibrations de valence); ils montrent aussi à 1 530 cm^{-1} et vers 900 cm^{-1} des bandes caractéristiques des composés renfermant le radical NH_3. Les trois fortes bandes supplémentaires de l'acide sulfamique sont situées à 1 440 cm^{-1}, à 2 450 cm^{-1} et 2 540 cm^{-1} et à 3 060-3 150 cm^{-1}. Certaines de ces bandes sont communes au spectre du sulfamate d'ammonium (et des sels d'ammonium en général) comme on le voit sur le tableau suivant :

		m	TF	F	TF	F	TF	m
Sel de Ba......	890-918			1540	-	...	·	3290-3365
Acide.........	-	1000-1015	1440	1535	2450	2540	3057-3150	-
Sel de NH_4.....	880-906	1015	1410	1540			3053-3150	3331-3378

Nous avons préparé le sulfamate de baryum deutéré ainsi que l'acide sulfamique deutéré afin de comparer leurs spectres avec ceux des composés légers et de distinguer les bandes qui sont dues à la vibration des atomes d'hydrogène (en particulier l'hydrogène de l'acide).

Dans le cas du *sel de baryum* le déplacement observé sur les spectres du sel deutéré correspond uniquement au remplacement des deux atomes d'hydrogène

du groupement amine. Les bandes de 3290 cm^{-1} et de 3365 cm^{-1} se déplacent à 2409 cm^{-1} et à 2504 cm^{-1}. De même, pour les bandes à 1540 cm^{-1} et 920 cm^{-1}, leurs déplacements respectifs les amènent à 1380 cm^{-1} et 820 cm^{-1} avec un rapport de deutération de D = 1,11. Ce rapport est de 1,35 pour les vibrations de valence.

Nous avons enregistré le spectre de l'*acide sulfamique* deutéré à l'état de poudre sèche, écrasée finement, entre deux lamelles de sel gemme, dans la région de 3 μ à 8 μ à l'aide d'un spectromètre à double faisceau équipé avec un prisme de fluorine. On observe dans cette région le déplacement de la très forte bande de 3150 cm^{-1} qui se trouve à 2325 cm^{-1} (D = 1,35) ainsi que celui des deux bandes situées vers 2500 cm^{-1}; ces deux bandes sont situées à 1890 et 1960 cm^{-1} (D = 1,3).

On a pu également enregistrer le spectre d'absorption de l'acide sulfamique lourd dans la région de 6 μ à 15 μ. Une partie du produit n'est pas deutérée et nous retrouvons, affaiblies, les bandes déjà signalées à 1535 cm^{-1}, 1437 cm^{-1}, 1107 cm^{-1} et 1015-999 cm^{-1}. Le déplacement dû à la deutération amène ces bandes respectivement à 1140 cm^{-1}, 1115 cm^{-1} (D = 1,29), 878 cm^{-1} (D = 1,26) et 802-790 cm^{-1} (D = 1,26).

D'autre part, nous avons enregistré quelques spectres de l'acide sulfamique, de ses sels de baryum et d'ammonium en solution dans l'eau et dans l'eau lourde à différentes concentrations. Dans le cas de l'acide, on observe en particulier la disparition de la bande forte à 2450 cm^{-1} et de la bande moyenne à 1000 cm^{-1} et l'apparition d'une bande moyenne à 1180 cm^{-1}.

Ces résultats montrent que l'acide sulfamique se présente à l'état solide sous deux formes structurales.

La présence des deux bandes fortes à 3150 et 1440 cm^{-1} totalement absentes des spectres des sels, mais présentes dans ceux des sels d'ammonium montre l'existence de la structure SO_3^-— NH_3^+ propre à certains aminoacides.

D'autres part, on serait tenté d'attribuer les bandes fortes vers 2500 cm^{-1} à la vibration de valence du groupement SH. Mais on remarque que ces bandes n'apparaissent pas sur les spectres Raman du cristal de l'acide (Majumdar) [2] alors que les bandes vers 2550 cm^{-1} dues aux vibrations de la liaison SH sont fortes en diffusion et faibles en absorption. Par contre, on peut attribuer ces bandes à la vibration de valence du groupement OH comme on le rencontre pour d'autres acides. Dans le cas des acides sulfiniques, S. Detoni et D. Hadzi [3] trouvent, à l'état solide, deux bandes fortes pour la vibration de valence de OH à 2900 et à 2500 cm^{-1}. L'abaissement de la fréquence des bandes dues à la vibration de OH montre que dans le cristal d'acide sulfamique, il existe des liaisons hydrogène très fortes du type OH...O comme il en existe également du type NH...O. Cet abaissement est en accord avec les rapports de deutération qui indiquent bien aussi que l'on se trouve en présence de molécules très liées. On peut penser également que la bande de 1000 cm^{-1} représente une

vibration de déformation de OH. Le fait que ces deux bandes se trouvent déplacées vers de plus grandes fréquences en solution dans l'eau confirme leur attribution au radical OH. En solution aqueuse, l'acide que l'on peut représenter par la formule $NH_2 — SO_2 — OH$ montre des liaisons hydrogène moins fortes que dans le cristal.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) T. DUPUIS, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2924.

(2) J. GUPTA et A. MAJUMDAR, *J. Ind. Chem. Soc.*, **18**, 1941, p. 457.

(3) *J. Chem. Soc. London*, 1955, p. 3163.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une méthode rapide d'identification et de mesure d'impuretés radioactives.* Note de M. **YVES LE GALLIC**, présentée par M. Francis Perrin.

Description d'une méthode permettant de déceler et de doser des impuretés radioactives, au sein d'un autre radioélément. Application au cas du ^{32}P dans ^{35}S.

La mesure absolue d'un radioélément, contaminé par une impureté radioactive, peut être faussée sensiblement par celle-ci. Ainsi, la présence de 1 % de ^{32}P (exprimé en activité) dans une solution de ^{35}S, entraîne une erreur de 10 % sur la mesure absolue, si celle-ci est faite par la méthode de « l'angle solide défini ». Du point de vue de l'utilisateur, cette impureté radioactive peut également être nocive. Il importe donc de pouvoir déceler et doser rapidement les impuretés radioactives, au sein de divers radioéléments. La méthode décrite a cet objet.

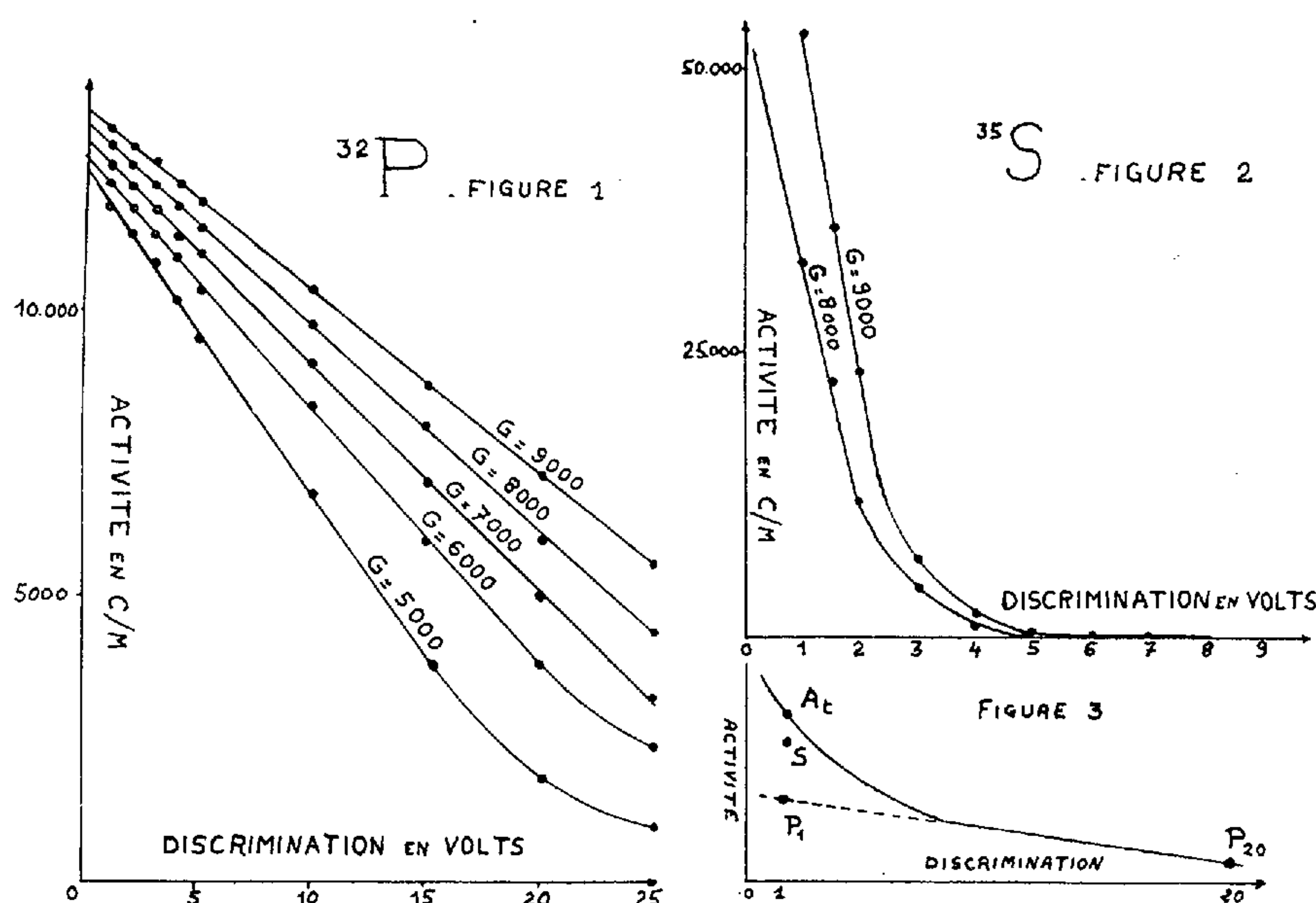
Dispositif expérimental. — Il comprend essentiellement un détecteur à scintillations constitué par un plastique de 44 mm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur, associé à un tube E. M. I. 62-60. Les impulsions sont envoyées sur un amplificateur 2 MHz, puis sur un discriminateur type S. A. O. dont la constante de différentiation est 3.10^{-6}, la constante d'intégration 10^{-7} et le temps mort 5.10^{-6} s.

Pour éliminer toute contribution de rayonnement rétrodiffusé, les sources sont déposées sur film de polystyrène de 1 mg/cm^2; pour cette même raison, la distance de la source à la base du dispositif, doit être supérieure à 40 mm.

Il est indispensable qu'un léger défaut de centrage ne se répercute pas sur la mesure, pour cela la distance source-plastique, ne doit pas être trop faible. Par contre, pour une distance trop grande, l'absorption des β du ^{35}S, devient trop importante; j'ai donc été conduit à adopter une distance de 18 mm. En outre, pour atteindre cet objectif, la source doit être quasi-ponctuelle ($\varnothing < 2$ mm).

Étude des conditions de fonctionnement. — L'activité mesurée, tant du ^{32}P

que du ^{35}S, dépend naturellement du seuil de discrimination ; j'ai étudié, pour différentes valeurs du gain G, l'influence de la valeur du seuil sur l'activité mesurée. Les résultats de cette étude sont représentés sur les figures 1 et 2.



On voit que pour le ^{32}P, la courbe $A = f(D)$ pour $G = 9000$, est parfaitement rectiligne pour des discriminations comprises entre 0 et 25 V. Pour le ^{35}S et pour la même valeur du gain G, l'activité pour $D = 10$ V est inférieure à 1/10 000e de l'activité initiale ($D = 1$). On est donc assuré que dans le cas d'un mélange $^{35}S + {}^{32}P$, pour des valeurs de D, supérieures à 10 V, seule l'activité due au ^{32}P est mesurée.

On déduit, pour la détermination du rapport $^{32}P/(^{32}P + {}^{35}S)$, le mode opératoire suivant :

1° On mesure l'activité totale $^{35}S + {}^{32}P$ pour $D = 1$ V : point A_t (*fig.* 3);

2° On détermine pour $D = 20$ V, l'activité de la même source, dans ces conditions le ^{35}S est éliminé ; point P_{20} ;

3° On calcule l'activité P_1 due au phosphore pour $D = 1$ V à l'aide du coefficient de multiplication déduit de la courbe 2.

4° L'activité du ^{35}S s'obtient par différence $A_s = A_t - P_1$.

La méthode telle qu'elle est décrite jusqu'ici permet simplement de déceler la présence de ^{32}P. Pour déterminer les proportions respectives de ^{35}S et de ^{32}P dans les solutions à étudier, il est maintenant nécessaire d'étalonner le dispositif expérimental pour chacun des radioéléments considérés.

Étalonnage du dispositif. — 1° ^{32}P-caractéristiques de la source utilisée : poids 2,329 mg. $\varnothing = 1$ mm, support de polystyrène de 1 mg/cm^2.

Activité absolue, mesurée par la méthode d'angle solide défini

$$A = 4,16.10^{-3} \mu c \pm 2\ \%\quad (^1).$$

Cette source mesurée dans les conditions précédemment décrites donne une activité mesurée de 966 c/m.

232 c/m correspondent à 10^{-3} µc de ^{32}P.

2° ^{35}S-caractéristiques de la source utilisée : poids 4,579 mg. ⌀ = 1 mm, support de polystyrène de 1 mg/cm². Activité absolue, mesurée par la méthode de l'angle solide défini $A = 28,6\ \mu c \pm 3\ \%$. Cette source mesurée dans les mêmes conditions donne une activité mesurée de 26 482 c/m.

926 c/m correspondent à 1 µc de ^{35}S.

3° Le réglage du seuil, avec le discriminateur utilisé n'étant pas extrêmement fin, il m'a paru important de contrôler la reproductibilité des mesures. J'ai donc mesuré l'activité d'une solution à partir de sources de poids différents :

Source n° 1 (poids 3,966 mg) : $A_m = 1090$ c/m soit 275 (c/m)/mg;
» n° 2 (» 3,946 mg) : $A_m = 1078$ c/m soit 273 (c/m)/mg;
» n° 3 (» 3,488 mg) : $A_m = 948$ c/m soit 272 (c/m)/mg.
Moyenne 273,3 c/m, E_{max} 0,5%.

Vérification expérimentale. — J'ai vérifié la validité de la méthode en l'appliquant successivement à deux mélanges $^{32}P + ^{35}S$, en proportions différentes de deux solutions étalons de ^{32}P et ^{35}S. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	Activité absolue de ^{35}S.		Activité absolue de ^{32}P.		Proportions $\frac{^{32}P}{\text{Act. totale}}$.	
Mélanges.	Act. vraie.	Act. mesurée.	Act. vraie.	Act. mesurée.	Prop. vraie.	Prop. mesurée.
Mélange A.....	285,6 µc	297 µc	0,82 µc	0,77 µc	2,88 °/₀₀	2,6 °/₀₀
Mélange B.....	3,125 mc	3,049 mc	0,432 µc	0,435 µc	0,138 °/₀₀	0,142 °/₀₀

Conclusion. Sensibilité. — Cette méthode permet de déceler dans le ^{35}S, l'impureté ^{32}P, à partir d'une activité de celle-ci correspondant à 1/10.000 de celle du ^{35}S, et d'en déterminer la valeur absolue; l'activité minimum mesurable de ^{32}P est 1 µc/cm³, de solution. Dans le cas où le ^{35}S a été préparé par réaction *np* sur ^{35}Cl, le seul phosphore présent est produit par *nα*, par conséquent le poids minimum de phosphore mesurable, correspondant à 1 µc/cm³ est de $3,5.10^{-12}$ g. L'utilisation d'un discriminateur à réglage plus fin, doit permettre d'abaisser ce seuil.

Précision. — Ces teneurs sont déterminées à moins de 10 % près pour le ^{32}P et à moins de 5 % près, pour le ^{35}S.

Par rapport aux méthodes physiques couramment utilisées pour déceler et mesurer les impuretés radioactives (absorption, décroissance), celle-ci pré-

sente l'avantage d'être beaucoup plus rapide (deux déterminations) et beaucoup plus sensible. Il existe un certain nombre de cas où la recherche d'une impureté radioactive est importante, exemple : ^{91}Y dans ^{147}Pm, ^{35}S dans ^{36}Cl, la méthode leur est applicable, comme elle l'est à la mesure du $^{82}Br(T = 35,9\,h)$ en présence du $^{80}Br(T = 4,4\,h)$. Elle permet également de déterminer la proportion de deux radioéléments en filiation, à condition que les énergies des rayonnements β, respectivement émis, soient sensiblement différentes; l'application en a été faite à la détermination de ^{90}Y, au sein d'une solution de ^{90}Sr, dont il est le descendant.

(1) μc = microcurie; c/m = coups par minute.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Composés tartriques du cuivre et constitution de la liqueur dite de Fehling*. Note (*) de MM. **Pierre Souchay** et **Jean Lefebvre**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans ce système, la formation de composés condensés est facile à prouver; on précise leur structure et domaines d'existence. En milieu alcalin, les structures sont plus simples, et les fonctions alcool ionisées y prennent part dans leur totalité. Finalement on atteint la composition de la liqueur de Fehling, où coexistent un complexe alcalin et le cuprate.

1° L'étude des composés cuivriques des acides-alcools (1) a été poursuivie avec l'acide tartrique TH_2; elle se trouve simplifiée par l'existence de $[TCu]^0$ très peu soluble, que l'on peut obtenir par mélange des quantités stœchiométriques de TNa_2 et SO_4Cu. Son produit de solubilité a été évalué par mesures de solubilité en milieux d'acidité variable.

2° Les mesures de solubilité de TCu en milieux de basicité variable, ainsi que l'apparition d'un point équivalent très net, dans les solutions à rapport $TNa_2/SO_4Cu > 3/4$ (*fig.* 1) lorsqu'on a ajouté 1,25 NaOH par atome-gramme de Cu, permettent de conclure à l'existence d'un composé à 1,25 OH par Cu et non pas 1 OH (2).

Les mesures de concentration en ions Cu^{++}, (à l'électrode de Cu) puis celles de concentration en ions T^{--}, qui se déduisent des précédentes en appliquant la formule du produit de solubilité établie au (1°), permettent d'affirmer que le rapport $T/Cu = 3/4$ d'où l'existence de l'ion $[T_3Cu_4(OH)_5]^{---}$; la cryoscopie montre qu'en réalité cette formule doit être doublée. Les composés d'une telle constitution avaient déjà été isolés (3); ils sont bien définis, mais une formule aussi insolite pouvait entraîner quelque réticence lorsqu'il s'agit de l'étendre aux ions en solution. En réalité elle se trouve démontrée sans ambiguïté, et la structure de l'ion doit faire intervenir l'ionisation de OH alcooliques, et, vraisemblablement, la formation de cycles.

3° En poursuivant l'addition de Na OH au mélange $TNa_2 + SO_4Cu$, on obtient un deuxième point d'équivalence pour 2 Na OH par atome gramme de Cu.

La cryoscopie montre que si le rapport TNa_2/SO_4Cu introduit est égal ou un peu supérieur à 1, le composé renferme un rapport T/Cu = 1, et 3 atomes Cu, soit $Cu_3T_3(OH)_6^{VI}$.

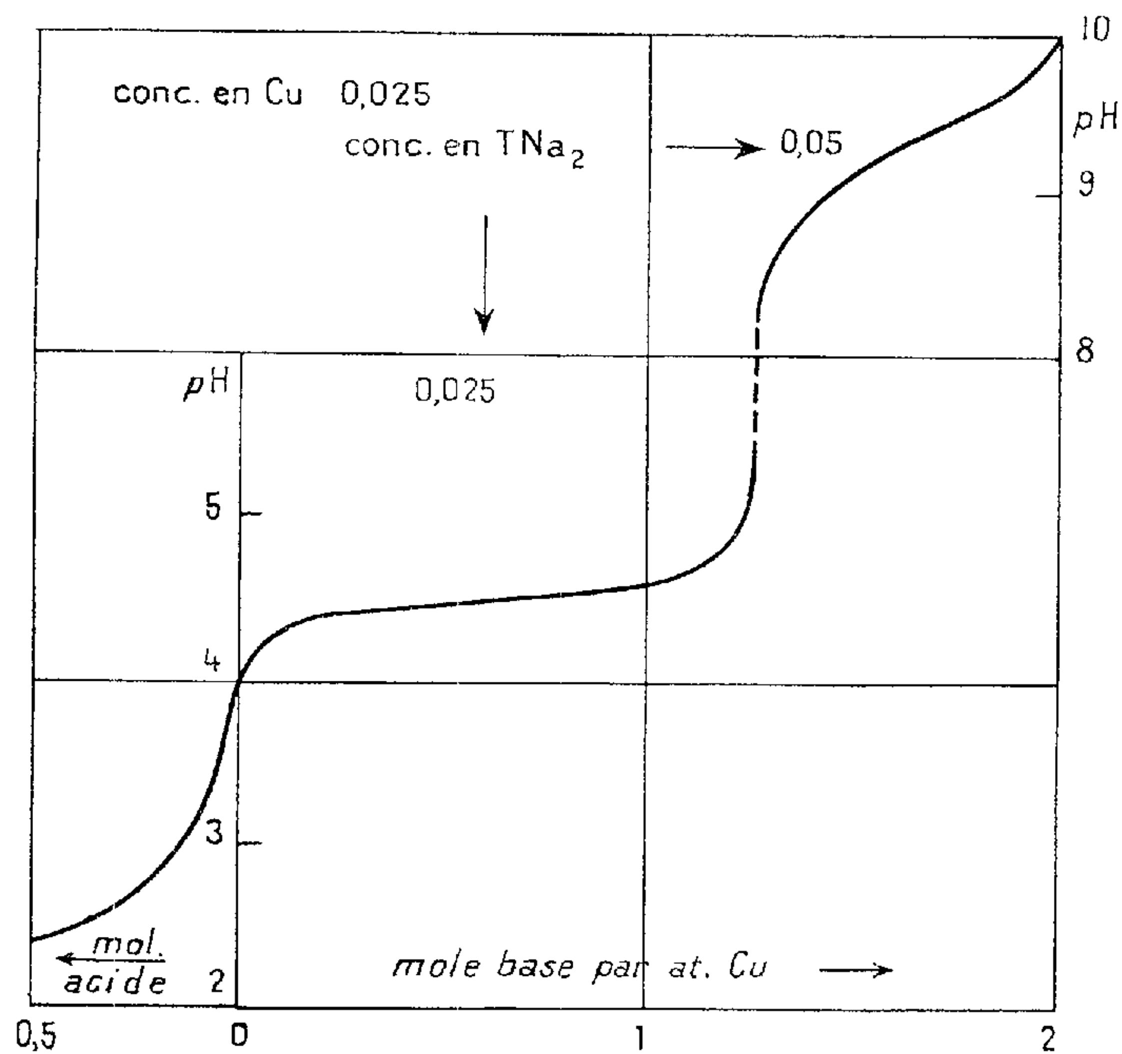


Fig. 1.

Cependant, en recommençant la neutralisation en présence d'un excès variable de TNa_2, les variations de pH sont en désaccord avec la formation unique du composé précédent, mais démontrent l'existence d'un composé à plus forte teneur en tartrate, en équilibre avec le précédent.



$$[Cu_3T_3(OH)_6]^{VI-} + 3T \rightleftharpoons 3[CuT_2(OH)_2]^{IV-}.$$

Ce dernier renferme bien le même rapport OH/Cu car le point d'équivalence ne se déplace pas en augmentant la teneur en tartrate libre.

Dans la zone comprise entre 1,25 et 2 équivalent de Na OH, où coexistent ces deux composés et celui décrit au 2°, les mesures de pH en fonction de la dilution et de la teneur en TNa_2 libre, permettent d'évaluer les proportions de chacun et par suite de calculer la constante de l'équilibre précédent, qui est de $4 . 10^{-4}$ aux forces ioniques employées.

Inversement, la constante obtenue permet de déterminer, dans un mélange de deux composés la proportion de celui qui n'est pas condensé (*fig.* 2) ([4]).

4° Une alcalinisation plus poussée correspond aux conditions dans lesquelles on prépare la liqueur dite de Fehling.

Tant que pH 13 n'est pas atteint, l'absorption des composés précédents n'est pas modifiée, mais au-dessus elle diminue de façon importante jusqu'à une concentration de 2 N en base libre; au-delà elle se fixe à nouveau. Bien que les solutions alors obtenues aient la coloration du cuprate $Cu(OH)_4^{--}$ leur absorption est nettement supérieure : ce n'est donc pas le seul produit présent.

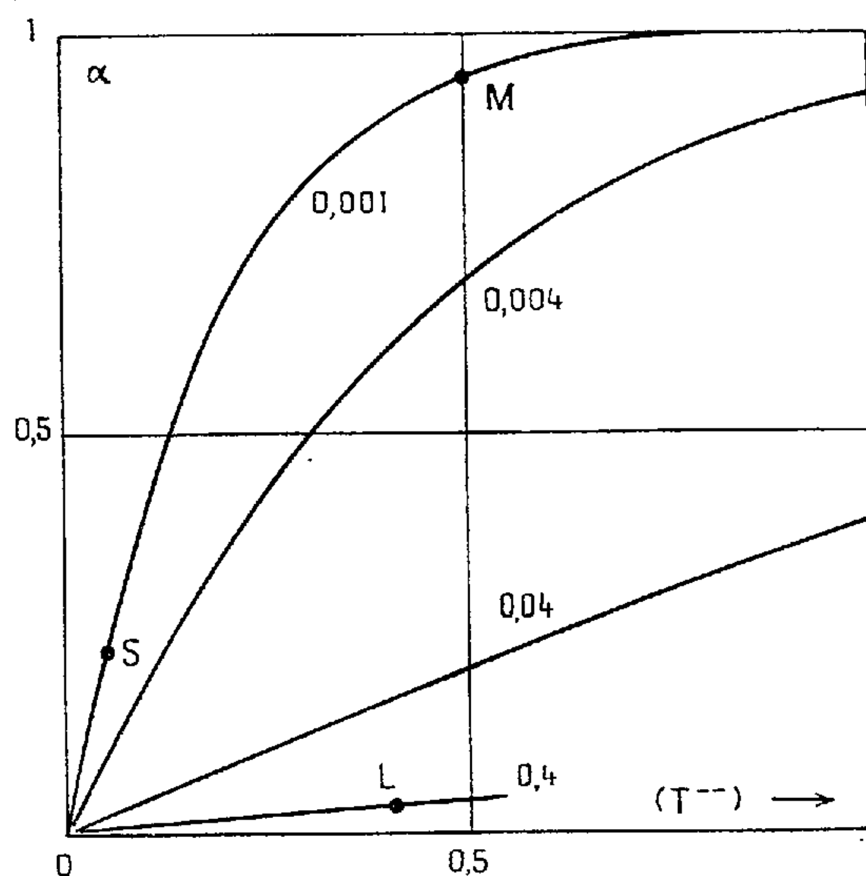
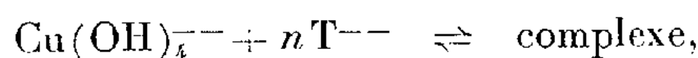


Fig. 2. — α en fonction de la concentration en tartrate libre (T^{--}) pour diverses concentrations en Cu total.

Ces solutions doivent renfermer, en équilibre avec le cuprate, un composé tartrique, à même nombre de OH par Cu puisque l'absorption (donc la proportion de cuprate) ne varie pas avec la concentration en OH^-.

Dans l'équilibre



$$Cu(OH)_4^{--} + nT^{--} \rightleftharpoons \text{complexe},$$

la valeur de n a été déterminée par la méthode de Job en mélangeant des solutions 0,02 de TNa_2 ou SO_4Cu (à l'état de cuprate) dans NaOH 4 N. On aboutit très nettement à la valeur $n = 2$ d'où la formule $[CuT_2(OH)_4]^{VI-}$ où les deux OH alcooliques interviennent sous forme ionisée; les composés correspondants ont été obtenus à l'état solide ([5]).

5° L'acide glycolique GH a été étudié de façon parallèle. Son comportement, particulièrement en ce qui concerne le composé étudié au 2°, rappelle celui de TH_2, 2 mol de GH se conduisant comme 1 mol de TH_2.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

([1]) J. Lefebvre et P. Souchay, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1416.

([2]) Delsal, *J. Chim. phys.*, 35, 1938, p. 314; Bobtelsky, Heitner, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 494.

([3]) Masson et Steele, *J. Chem. Soc.*, 1899, p. 725; Packer, Wark, *J. Chem. Soc.*, 1921, p. 1348; Ablov, Popovich, *J. Chim. gener. Russe*, 24, 1954, p. 974.

(4) Les résultats obtenus permettent d'expliquer les observations polarographiques en apparence contradictoires de SOUCHAY-FAUCHERRE (*Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 529) et MEITES, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3269; 72, 1950, p. 180) dont les conditions expérimentales correspondent respectivement aux points S et M (*fig.* 2). L correspond à la cryoscopie.

(5) BULLNHEIMER et SEITZ, *Ber. deuts. Chem. Gesell.*, 32, 1899, p. 2347; 33, 1900, p. 817.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Granulométrie du cobalt dans un alliage Cu-Co.* Note (*) de M. **LOUIS WEIL** et Mlle **LUCIE GRUNER**, transmise par M. Louis Néel.

Des mesures magnétiques à basse température permettent de faire la granulométrie d'alliages contenant des précipités ferromagnétiques. On peut utiliser la détermination de l'aimantation rémanente ou l'approche à la saturation. Les deux méthodes, indépendantes, donnent des résultats concordants.

On peut mettre à profit, pour déterminer la granulométrie d'un ferromagnétique divisé, la variation avec la température et le volume v du grain du temps de relaxation des renversements spontanés de l'aimantation. L. Néel (1) a montré que la constante de temps τ était donnée par la formule

$$\frac{1}{\tau} = \frac{eH_c}{m}\left|3G\lambda_s + D\mathcal{J}_s^2\right|\left(\frac{2v}{\pi GkT}\right)^{\frac{1}{2}}\exp -\left(\frac{vH_c\mathcal{J}_s}{2kT}\right),$$

où H_c est le champ coercitif des grains en l'absence d'agitation thermique, G le module de cisaillement, D une constante ayant à peu près la valeur 3, les autres constantes ayant les significations habituelles.

L'un de nous (2) a fait remarquer que la fraction « ferromagnétique », c'est-à-dire celle qui a une aimantation rémanente, comprend tous les grains de volume supérieur au volume v qui dans la formule ci-dessus donne à la température T un τ de 10 s soit de l'ordre de la durée moyenne des expériences. v est une fonction de T; nous désignerons par L_T le diamètre des sphères équivalentes. A la saturation, l'effet des fluctuations est négligeable et on mesure la saturation $\mathcal{J}_s$ de la totalité des grains. Sauf pour des grains assez gros, $\mathcal{J}_r/\mathcal{J}_s$ n'atteint pas la valeur habituelle de 0,5 et le rapport $2\,\mathcal{J}_r/\mathcal{J}_s$ est la mesure de la fraction ferromagnétique. Bien entendu, quand T baisse, la fraction ferromagnétique F_T augmente en même temps que L_T diminue, et les mesures de F_T à diverses températures réalisent une vraie granulométrie. Cette méthode a déjà été appliquée au catalyseur Raney au nickel (2).

Les grains dont l'aimantation tourne spontanément en un temps court par rapport à la durée de la mesure constituent une fraction paramagnétique apparente [*cf.* Elmore (5)]. Bean (3), (4) a donné une formule qui permet de déduire de l'approche à la saturation, la valeur du diamètre moyen de ces grains « paramagnétiques » :

$$\frac{\mathcal{J}}{\mathcal{J}_s} = 1 - \frac{3kT}{4\pi r^3\mathcal{J}_s H}.$$

On peut admettre pour l'application de cette formule que la fraction ferromagnétique est saturée dès 2 000 Oe et faire la correction nécessaire.

Dans la présente étude d'un Cu-Co, à 1 % de Co, recuit à 600° C, nous avons appliqué simultanément les deux méthodes. On trouve (*fig.* 1) les valeurs de $\mathcal{J}_r/\mathcal{J}_s$ ($\mathcal{J}_s$ étant obtenu par extrapolation, à partir de mesures à 20 000 Oe) et accessoirement, celles du champ coercitif de l'alliage, à diverses températures.

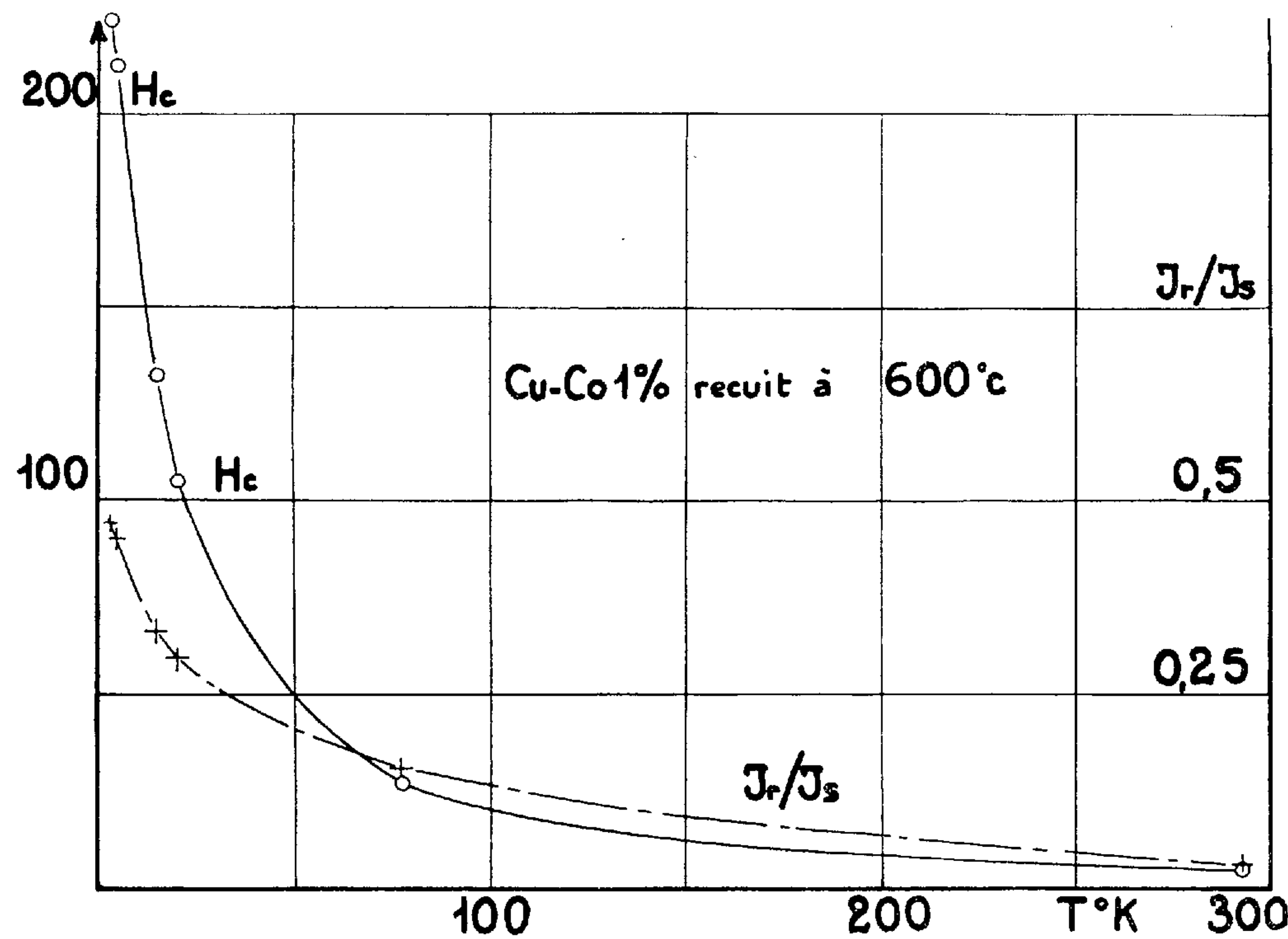


Fig. 1.

Nous avons calculé (tableau I), dans l'hypothèse de cobalt cubique, la fraction F_T qui, aux diverses températures, est ferromagnétique, donc a un diamètre supérieur à L_T. La granulométrie résultante est reportée sur la figure 2. (La courbe en pointillé tient compte, au-dessous de 50 Å, de l'ordre de grandeur du diamètre moyen calculé par la méthode de Bean.)

TABLEAU I.

T° K.	2,58.	4.	14,5.	20,4.	77.	293.
L_T(Å)	44,2	51	78,5	87,5	137	214
$10^2.F_T$	94	90	67	59	32	5,2

Nous avons indiqué dans le tableau II, les diamètres moyens $2\,r_T$ des fractions paramagnétiques, tels qu'on les déduit de la formule de Bean et rappelé dans ce tableau les fractions $(1 - F_T)$ correspondantes.

TABLEAU II.

T°K.	F_r(%).	$(1-F_r)$(%).	$2r_r$(Å).	L_r(Å).
77	32	68	100	137
20,4	59	41	80	87,5
4,2	90	10	50	51

Si les théories utilisées sont exactes, on doit, en ajoutant par exemple aux 10 % qui ont un diamètre moyen de 50 Å (paramagnétiques à 4,2 °K) les 31 % dont on sait (courbe 2) que le diamètre est compris entre 51 et 87,5 Å,

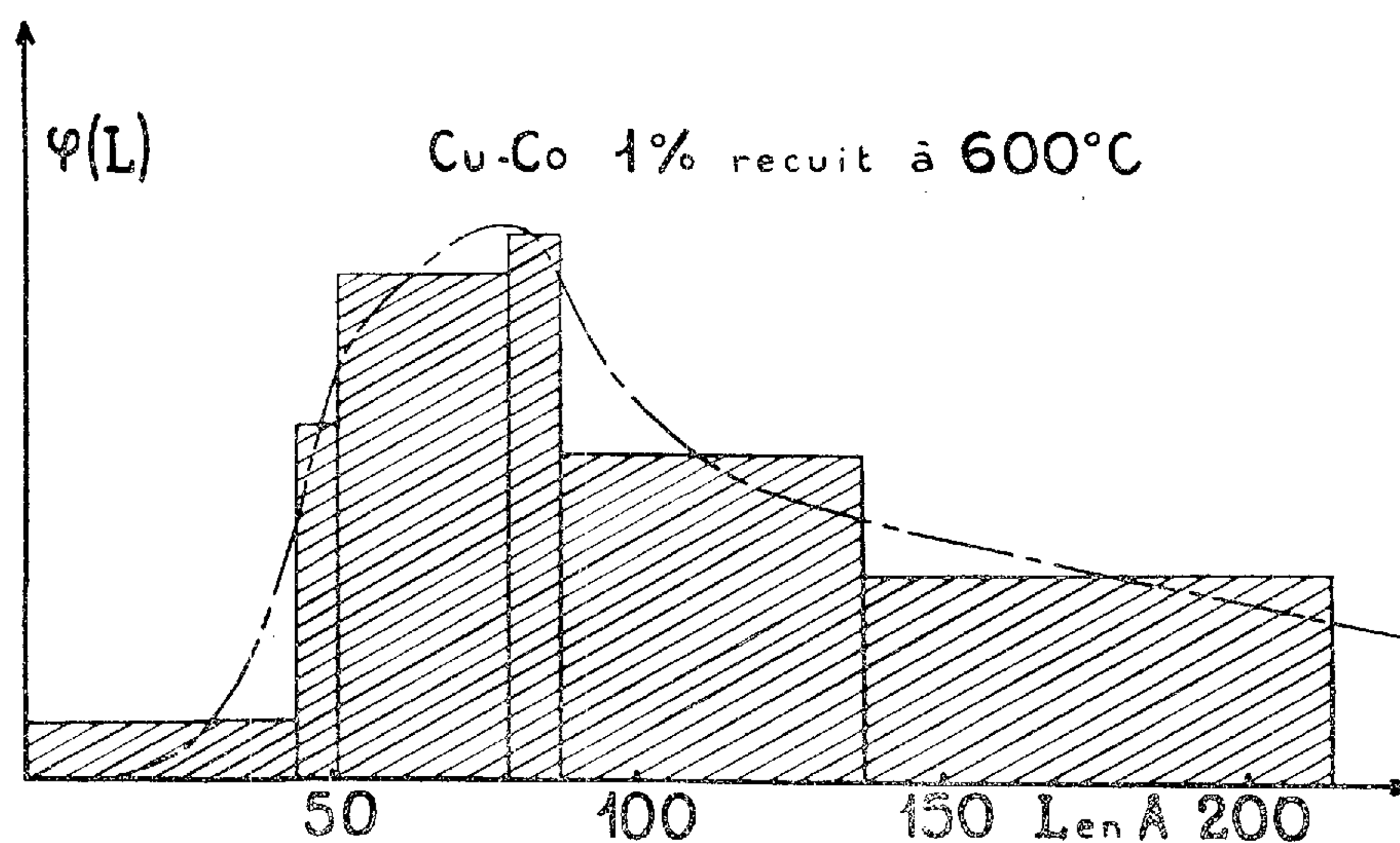


Fig. 2.

avec une répartition qu'on supposera donnée par la courbe tracée en respectant les aires $\int \varphi(L)\,dL$, obtenir le diamètre moyen des 41 % paramagnétiques apparents à 20,4 °K, soit 80 Å. Reprenant le même calcul entre les mesures à 20,4 °K et 77 °K, on doit trouver 100 Å. Or on obtient 74 au lieu de 80 dans le premier cas et 95 au lieu de 100 dans le deuxième. La concordance des deux méthodes est donc tout à fait satisfaisante, même si la fraction paramagnétique donne des résultats un peu forts. Elle donne une base très ferme à cette méthode de granulométrie simple, instrument d'étude de précipités dans les alliages magnétiques.

Nous l'étendons actuellement à d'autres groupes de métaux.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 664.

(2) L. WEIL, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 715.

(3) C. P. BEAN et I. S. JACOBS, non publié (communication personnelle).

(4) C. P. BEAN, *J. Appl. Phys.*, 26, 1955, p. 1381.

(5) W. C. ELMORE, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 1092.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Les énergies de polarisation et les potentiels de réduction polarographique des hydrocarbures aromatiques polynucléaires.* Note de Mme **Alberte Pullman** et M. **Bernard Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

A. Maccoll (1) a, le premier, suggéré l'existence d'une relation entre le potentiel de réduction polarographique des hydrocarbures aromatiques conjugués et l'énergie de leur plus basse orbitale moléculaire libre. L'étude de cette relation a été développée par nous-mêmes (2), (3), puis par d'autres auteurs parmi lesquels il faut citer surtout Hoijtink, Van Schooten et al. (4), L. H. Chopard-dit-Jean et E. Heilbronner (5) et A. T. Watson et F. A. Matsen (6).

Très récemment S. Basu et R. Bhattacharya (7) ont postulé l'existence d'une relation entre ce même potentiel de réduction et *l'énergie de* PARA-*polarisation* des hydrocarbures. Cette dernière grandeur joue, comme on le sait, un rôle important dans la théorie des réactions chimiques (8).

On connaît à l'heure actuelle, grâce surtout aux travaux récents de I. Bergman (9), complétant les travaux plus anciens de Wawzonek et Laitinen [*voir* (3)], les potentiels de réduction expérimentaux d'une centaine d'hydrocarbures conjugués. On connaît, de même, les énergies de polarisation dans un grand nombre de ces molécules. Il est donc regrettable que Basu et Bhattacharya n'aient utilisé à l'appui de leur proposition que les données numériques relatives à six hydrocarbures relativement simples. Cela d'autant plus que deux erreurs numériques se sont glissées dans les valeurs indiquées par ces auteurs pour les énergies de *para*-polarisation. Une de ces erreurs est de peu d'importance pour le problème : les auteurs indiquent comme la plus faible valeur de *para*-polarisation du biphényle $4,38\,\beta$. C'est l'énergie qui correspond à la *para*-polarisation sur les carbones 1-4. Or, en fait, la plus faible énergie de *para*-polarisation dans le biphényle correspond à la localisation de deux électrons sur les carbones 2-5 et sa valeur est de $3,96\,\beta$. La deuxième erreur, bien que numériquement du même ordre de grandeur, est beaucoup plus importante. Ces auteurs indiquent comme énergie de *para*-polarisation en 1-4 du naphtalène $4,00\,\beta$. Or, en fait, cette énergie est égale à $3,68\,\beta$, la valeur $4\,\beta$ représentant l'énergie de *para*-polarisation dans *le benzène*. Si l'on tient compte de cette correction, on s'aperçoit immédiatement que la relation postulée par Basu et Bhattacharya entre les potentiels de réduction et les énergies de *para*-polarisation ne s'applique même pas au nombre restreint de composés qu'ils ont étudiés. Ainsi l'énergie de *para*-polarisation du naphtalène est maintenant plus faible que celle du

phénanthrène (3,77 β), ce qui va à l'encontre des valeurs des potentiels de réduction de ces deux molécules (respectivement 1,98 et 1,935 V) ([10]).

Ce cas particulier nous introduit immédiatement au cœur de la question. La relation postulée par les auteurs précités ne saurait exister réellement, ne serait-ce que pour la raison très simple que la réduction polarographique ne comporte pas nécessairement une addition de deux électrons en *para*. Ainsi, par exemple, non seulement la réduction en *para* est improbable dans des molécules hautement condensées (du type coronène) ou dans de nombreux hydrocarbures aromatiques non benzénoïdes, mais même déjà dans l'exemple précité, il paraît presque certain que la réduction du phénanthrène ne met pas en jeu les positions *para* d'un noyau latéral, mais plutôt les positions *ortho* (9-10) du noyau central. Une confirmation de ce point de vue se trouve dans la valeur du deuxième potentiel de réduction du phénanthrène (2, 125 V), nettement plus proche de celui du biphényle (2,075 V) que de celui du naphtalène, en fait, légèrement supérieur au potentiel du biphényle, comme l'est également le potentiel du fluorène (2,12 V).

L'existence d'un parallélisme entre les potentiels de réduction des hydrocarbures et l'énergie de *para*-polarisation étant impossible du fait même de la diversité des mécanismes de réduction, on peut néanmoins se demander si un tel parallélisme ne devrait pas se manifester tout au moins dans le groupe de corps dans lequel cette réduction comporte effectivement, selon toute probabilité, une addition d'électrons sur deux carbones en *para*- l'un par rapport à l'autre. En fait il suffit de considérer quelques exemples bien choisis pour se rendre compte rapidement de l'absence même d'une telle relation restreinte.

Ainsi, par exemple, les hydrocarbures disposant des carbones du type *méso* de l'anthracène, comme l'anthracène lui-même ou le dibenzo-1.2.5.6 anthracène, ont toujours des énergies de *para*-polarisation relativement faibles. En revanche les hydrocarbures hautement condensés, mais possédant un « appendice benzénique », comme le benzo-3.4 pyrène, ont des énergies de *para*-polarisation relativement élevées. Ainsi ces énergies sont, dans les trois molécules précitées, respectivement de 3,31, 3,51 et 3,83 β. Or, les potentiels de réduction sont fréquemment plus faibles dans les hydrocarbures condensés que dans les corps allongés. Ainsi, par exemple, les potentiels de réduction des trois molécules précédentes sont respectivement de 1,46, 1,545 et 1,36 V.

La divergence possible entre le potentiel de réduction et les énergies de *para*-polarisation sera encore plus flagrante si nous prenons en considération des composés tant soit peu moins usuels. Ainsi par exemple le zethrène a un potentiel de réduction particulièrement faible : 0,92 V. Or la plus faible de ses énergies de *para*-polarisation est relativement

élevée puisqu'elle vaut 3,59 β ([11]). Il en est de même pour de nombreux hydrocarbures du type bis-*péri*phénylène-tétracène.

Signalons aussi que les énergies de *para*-polarisation restent sensiblement constantes dans les *para*-polyphényles lorsque l'on augmente le nombre de noyaux benzéniques alors que le potentiel de réduction décroît continuellement dans les mêmes conditions.

Ainsi aucune relation tant soit peu générale ne paraît possible entre les potentiels de réduction et l'énergie de *para*-polarisation. Cet état de choses n'exclut pas la possibilité d'existence d'un certain parallélisme entre le potentiel de réduction et les divers types de polarisations (*para* ou *ortho* ou encore polarisation des carbones individuels) au sein de familles d'hydrocarbures TRÈS APPARENTÉS, parallélisme dû à ce que dans de telles familles de corps, les énergies de polarisation évoluent fréquemment comme les énergies de la plus basse orbitale libre. Signalons à ce sujet que, comme nous l'avons déjà indiqué ([2]), il convient, en toute rigueur, de considérer séparément les différents groupes d'hydrocarbures même lorsque l'on étudie la relation entre le potentiel de réduction et l'énergie de la plus basse orbitale libre. Toutefois dans ce dernier cas, *la relation générale* est elle-même déjà très satisfaisante (la prise en considération des valeurs des énergies de la plus basse orbitale libre rend compte de l'évolution du potentiel de réduction dans *tous* les composés cités dans cette Note) et cette subdivision ne constitue qu'un perfectionnement. Elle correspond d'ailleurs à des groupes de corps beaucoup plus vastes que ceux que l'on pourrait envisager dans le cadre de la relation proposée par Basu et Bhattacharya.

(1) *Nature*, 163, 1949, p. 178.

(2) A. PULLMAN, B. PULLMAN et G. BERTHIER, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 591.

(3) B. PULLMAN et A. PULLMAN, *Les théories électroniques de la Chimie organique*, Masson, Paris, 1952, p. 268-272.

(4) G. J. HOIJTINK, J. VAN SCHOOTEN et coll., *Rec. Trav. Chim.*, 71, 1952, p. 1089; 72, 1953, p. 691 et 903; 73, 1954, p. 355 et 895; 74, 1955, p. 1525; 75, 1956, p. 489.

(5) *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 144.

(6) *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1305; F. A. MATSEN, *J. Chem. Phys.*, 24, 1956, p. 602.

(7) *J. Chem. Phys.*, 25, 1956, p. 596.

(8) Les auteurs de langue anglaise utilisent en général la dénomination de « para-localisation energy ». Pour des généralités sur cette notion et les grandeurs apparentées, les références et de nombreuses données numériques, *voir* ([3]), chap. 10 et aussi B. PULLMAN, *Cahiers de Physique*, 48, 1954, p. 42 et A. PULLMAN et B. PULLMAN, *Cancérisation par les substances chimiques et structure moléculaire*, Masson, Paris, 1955, p. 63-69 et 81-98.

(9) *Trans. Faraday Soc.*, 50, 1954, p. 829; 52, 1956, p. 690.

(10) Toutes les valeurs de potentiels citées dans cette Note proviennent de la référence ([9]).

(11) C. A. COULSON, C. M. MOSER et M. P. BARNETT, *J. Chem. Soc.*, 1956, p. 3108.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude pour une méthode de préparation des alcanoates de métaux de transition.* Note de MM. **Pierre Dupuy** et **Claude Moreau**, présentée par M. Paul Pascal.

Une méthode générale de préparation des sels d'acides saturés aliphatiques de quelques métaux de transition courants est décrite. Les détails du mode opératoire et de la purification ont été étudiés en particulier pour le titane, le cuivre, le cobalt, le nickel, le chrome, l'aluminium.

L'intérêt des métaux de transition en matière de catalyse hétérogène a conduit les auteurs à obtenir leurs alcanoates, pour un certain nombre d'entre eux.

La méthode utilisée est une extension d'une préparation précédemment exposée dans le cas du cobalt (1); toutefois un certain nombre de modifications y ont été apportées. Rappelons en brièvement le principe. La réaction consiste à faire agir l'acide organique sur un mélange de chlorure de cobalt anhydre et d'éthylate de sodium dissous dans l'éthanol (ou le propanol) anhydre; son bilan est le suivant :



$$2\,RCOOH + Cl_2Co + Na = (RCOO)_2Co + NaCl + H_2.$$

Pratiquement, la seule précaution à prendre est de respecter dans l'introduction des réactifs l'ordre ci-dessous :

a. $CoCl_2$ dissous dans l'éthanol;

b. C_2H_5ONa fraîchement préparé;

c. l'alcanoïque dont on veut obtenir le sel de cobalt.

L'addition du sel Cl_2Co à l'éthylate C_2H_5ONa conduit à un précipité qui se redissout en présence de l'acide gras; on peut envisager la formation d'un composé intermédiaire



$$Cl_2Co + 2\,C_2H_5ONa = 2\,ClNa + Co(OC_2H_5)_2.$$

Par contre si l'on opère suivant n'importe quel ordre favorisant la réaction



$$RCOOH + C_2H_5ONa = RCOONa + C_2H_5OH,$$

on aboutit à un savon de sodium et la réaction souhaitée ne se manifeste pas.

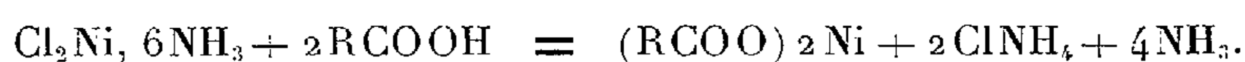
Insistons sur le fait que la purification s'obtient par simple filtration du chlorure de sodium formé, dont la solubilité dans l'éthanol, par exemple, est de 0,06 %. Cette séparation exclut par conséquent l'utilisation des bromures et iodures métalliques qui conduiraient à des sels de sodium beaucoup trop solubles dans l'éthanol; le choix du chlorure se trouve d'autre part motivé par

la nécessité d'opérer sur un sel facile à déshydrater; les nitrates ne peuvent convenir; Quant aux sulfates, bien que l'on puisse par simple chauffage vers 450° les obtenir anhydres, ils ne donnent lieu à aucune réaction, à cause de leur insolubilité.

Dans la généralisation de cette méthode, deux cas sont à distinguer :

1° *Cas des métaux à chlorure anhydres solubles dans les alcools inférieurs.* — La méthode leur est alors directement applicable; par exemple le chlorure d'aluminium permet, par le même processus, d'obtenir les sels d'acides gras de ce métal. Il faut évidemment choisir un produit propre et non hydraté. Le deuxième exemple que l'on peut citer est celui du titane; le tétrachlorure de titane conduit facilement dans les mêmes conditions opératoires aux alcanoates de titane. Les termes inférieurs présentent d'ailleurs la particularité d'être liquides à température ordinaire. Le titanate de butyle est aussi utilisable et permet d'abréger les préparations.

2° *Cas des métaux à chlorures insolubles dans les alcools.* — On a constaté alors que la même réaction est toujours possible, mais exige un chauffage de plus en plus prolongé au fur et à mesure que le nombre d'atomes de carbone du radical organique croît. Les cas du nickel et du chrome ont été étudiés; on a utilisé pour préparer les sels de chrome le chlorure de chrome $CrCl_3$ sublimé et pour ceux de nickel le chlorure de nickel anhydre. Signalons à ce sujet que la préparation la plus simple de ce produit consiste à passer par l'intermédiaire du composé $Cl_2Ni, 6NH_3$; il serait d'ailleurs possible de faire réagir les alcanoïques directement sur cet ammoniacate. La réaction bien que cependant très lente, même à chaud, conduit bien au sel de nickel de l'acide utilisé



$$Cl_2Ni, 6NH_3 + 2RCOOH = (RCOO)_2Ni + 2ClNH_4 + 4NH_3.$$

Pratiquement, il suffit de chauffer le mélange des composés $Cl_2Ni, 6NH_3$, RCOOH et NaC_2H_3O, introduits en quantité calculée pour que tout le chlore soit transformé en chlorure de sodium.

La fin de la réaction est indiquée par la cessation du dégagement d'ammoniac.

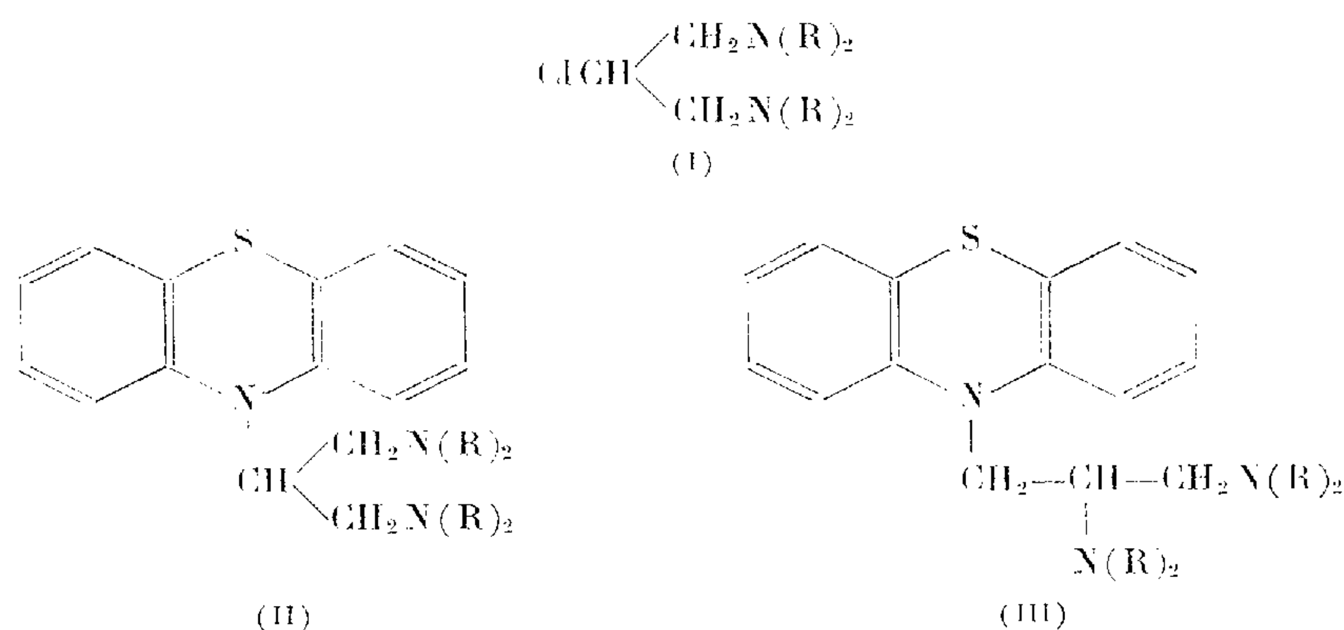
Le procédé est applicable généralement pour les métaux donnant facilement des ammoniacates (cobalt, cuivre par exemple).

En résumé, la méthode de condensation en milieu alcoolique anhydre d'un acide organique avec un chlorure métallique, soluble ou non dans l'alcool, ou avec un complexe ammoniacal, semble pouvoir convenir à la préparation des sels neutres d'acides gras de la plupart des métaux de transition.

(1) P. Dupuy et C. Moreau, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 514.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux (bis-diméthylaminopropyl)-10 phénothiazines isomères et leurs homologues diéthylés*. Note (*) de MM. **Robert-Michel Jacob, Raymond Horclois, Roger Vaupré** et **Mayer Messer**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation des bis-dialcoylamino-1.3 chloro-2 propanes (formule I, $R=CH_3$ ou $R=C_2H_5$) sur la phénothiazine en présence d'amidure de sodium dans le xylène à reflux donne lieu à une transposition semblable à celle qui a déjà été décrite dans le cas de réactions analogues ([1]), ([2]) : en effet, à côté des (bis-dialcoylamino-1'.3' propyl-2')-10 phénothiazines normalement attendues (formule II, $R=CH_3$ ou $R=C_2H_5$), on obtient en quantités prépondérantes les isomères à chaîne transposée, c'est-à-dire les (bis-dialcoylamino-2'.3' propyl-1')-10 phénothiazines (formule III, $R=CH_3$ ou $R=C_2H_5$).



On sépare les bases isomères (II) et (III) par cristallisation fractionnée de leurs dichlorhydrates (dans l'éthanol pour les amines diméthylées, dans l'isopropanol pour les amines diéthylées). Leurs constantes sont indiquées ci-dessous :

Produit.	F ([a]) base (°C).	F ([b]) (Dichlorhydrate) (°C).	Rf. ([c]).	Analyse (base). N (%). Calc.	N (%). Tr.	S (%) Calc.	S (%) Tr.
(III), $R=CH_3$ (3828 R. P.)...	52	238	0,82	12,83	12,81	9,79	10,1
(II), $R=CH_3$ (7219 R. P.)...	84	210	0,67	12,83	12,92	9,79	9,75
(III), $R=C_2H_5$ (3803 R. P.)...	58	165	0,85	10,96	10,85	8,36	8,17
(II), $R=C_2H_5$ (7140 R. P.)...	Liquide	245	0,75	10,96	10,76	8,36	8,33

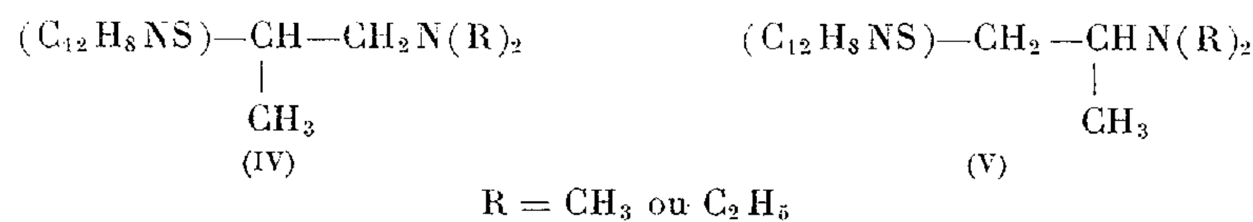
([a]) F au tube capillaire.

([b]) F au bloc Kofler.

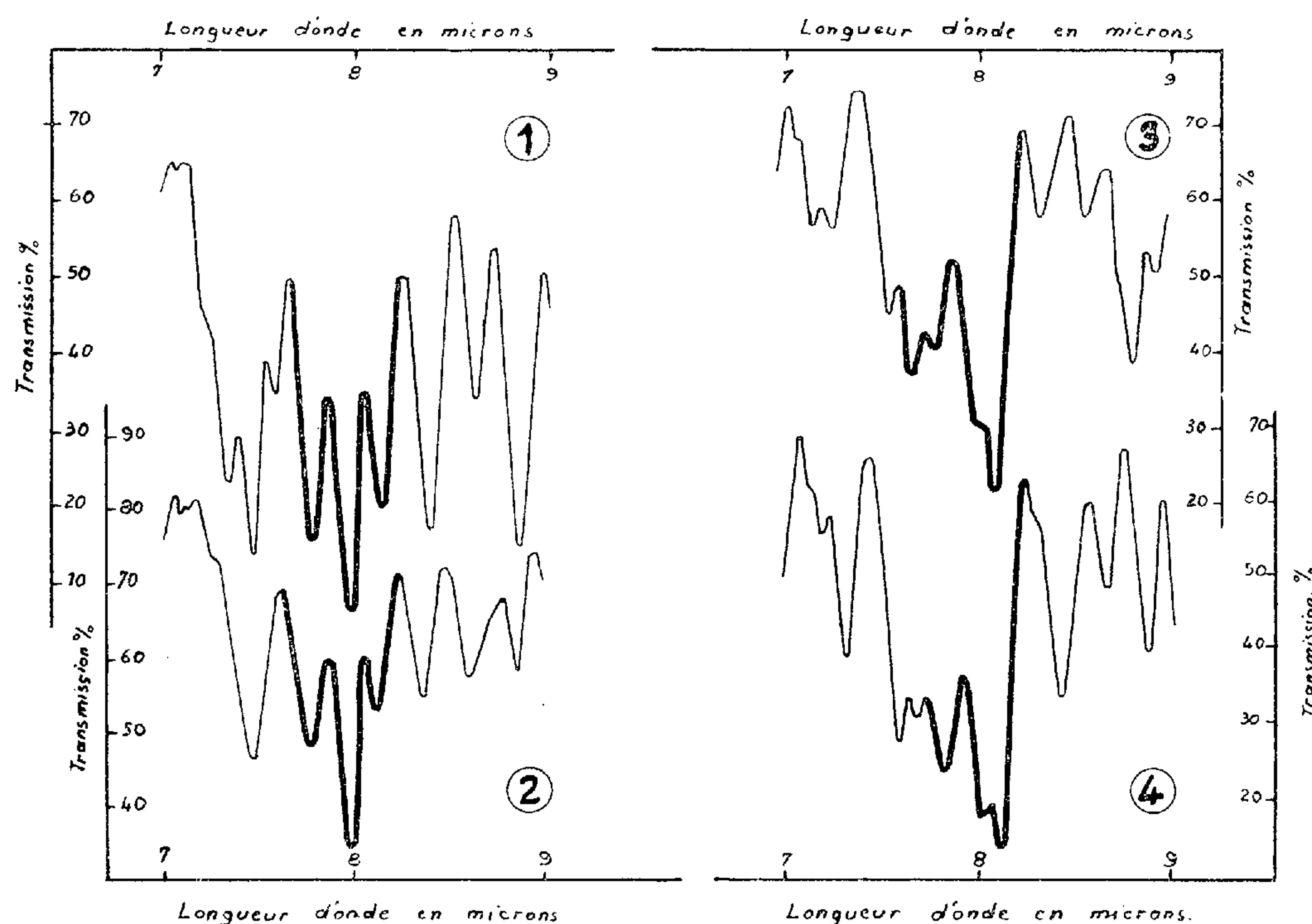
([c]) Chromatographie descendante sur papier d'Arches n° 302; solvant : mélange de Partridge; révélateur : bleu de bromophénol.

La constitution attribuée à ces produits a été confirmée par l'étude de leurs spectres d'absorption dans l'infrarouge.

Pour cela les spectres des bases (II) et (III) ont été comparés aux spectres des bases (IV) et (V) qui ont une structure apparentée et dont la constitution est bien établie ($C_{12}H_8NS$ = reste phénothiazinyl-10) :



Ainsi qu'il apparaît dans les tracés reproduits ci-dessous, il existe un parallélisme remarquable dans la zone de 7,3 à 8,2 μ (qui correspond à la liaison C—N) d'une part entre les spectres des produits (II) et (IV), d'autre part entre les spectres des produits (III) et (V) si bien que l'on peut conclure que le reste phénothiazinyl s'implante sur le carbone 1 de la chaîne propylique pour les corps (III) et (V) et sur le carbone 2 pour les corps (II) et (IV) :



Spectres pris sur les produits (bases) à l'état liquide, entre lamelles de NaCl.

(1) (diméthylamino-2' propyl-1')-10 phénothiazine.

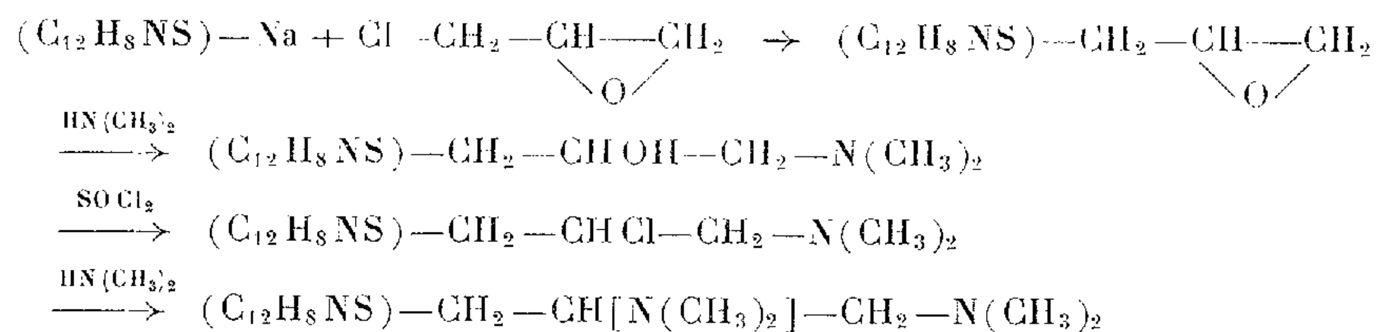
(2) (bis-diméthylamino-2'.3' propyl-1')-10 phénothiazine.

(3) (diméthylamino-3' propyl-2')-10 phénothiazine.

(4) (bis-diméthylamino-1'.3' propyl-2')-10 phénothiazine.

Les homologues diéthylamino donnent, dans cette région, des spectres très voisins de ceux des bases diméthylamino correspondantes.

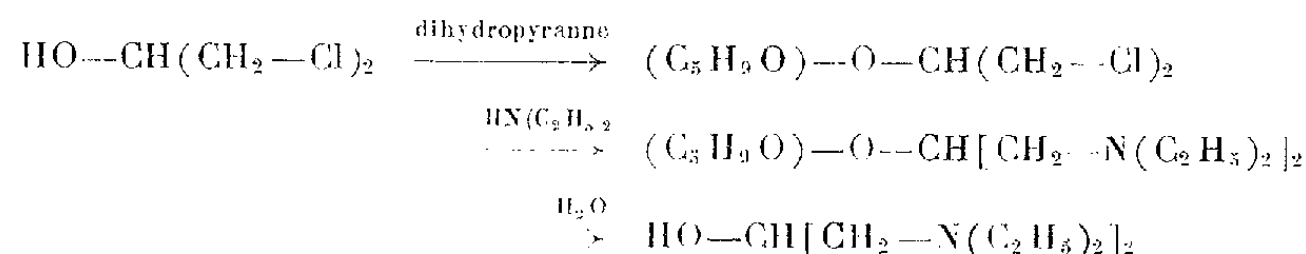
D'autre part la constitution du produit représenté par la formule (III) (avec $R = CH_3$) a été établie par une synthèse qui ne laisse place à aucune ambiguïté et dont le schéma est figuré ci-dessous ($C_{12}H_8NS$ = reste phénothiazinyl-10) :



Nous avons établi que le produit résultant de la condensation de l'épichlorhydrine sur la phénothiazine sodée est bien l'(époxy-2'.3' propyl-1')-10 phénothiazine : en effet par oxydation par l'acide periodique nous avons pu mettre en évidence la formation d'environ une molécule de formol, ce qui démontre la présence d'un époxyde-1.2.

Les bases chlorées (I) ont été obtenues par action du chlorure de thionyle sur une suspension des dichlorhydrates des bis dialcoylamino-1.3 propanols-2 correspondants dans le toluène. Ces aminoalcools ont été eux-mêmes préparés d'après Campbell [3] par action de diméthyl (ou diéthyl) amine sur l'épichlorhydrine.

Dans le cas du dérivé diéthylé, nous avons obtenu le même amino-alcool par une voie différente schématisée ci-dessous (C_5H_9O = reste tétra-hydropyrannyl-2) :



(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) SCHULTZ, ROBB et SPRAGUE, *Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 188; BRODE et HILL, *Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 724.

(2) CHARPENTIER, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 306; CHARPENTIER et DUCROT, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 415.

(3) CAMPBELL, LA FORGE et CAMPBELL, *J. Org. Chem.*, 14, 1949, p. 346.

GÉOLOGIE. — *Au sujet des grès de Guettioua et des empreintes de Dinosauriens de la région de l'Oued Rhzef (Atlas marocain).* Note de M. **GEORGES CHOUBERT**, Mlle **ANNE FAURE-MURET** et M. **PAUL LEVÊQUE**, présentée par M. Paul Fallot.

On connaît l'importance et la diversité des formations rouges qui constituent les parties centrales des cuvettes synclinales du Haut-Atlas

dans la région de Demnate *s. l.*, c'est-à-dire entre la route de Marrakech-Ouarzazate à l'Ouest et la transversale d'Azilal-J. M'Goun à l'Est. Les auteurs, en particulier Ed. Roch (1), les partagent entre le Lias supérieur, le Jurassique continental et l'Infracénomanien.

Aux deux extrémités du secteur envisagé, tant dans les Synclinaux qui encadrent l'Oued Rdat (Synclinaux du J. Tamesraten, du J. Bou Assaba et des Aït Tissekht), que dans les cuvettes des Aït Attab et d'Ouaouizarhte, les formations rouges sont surmontées de Crétacé marin (Cénomano-Turonien). De ce fait leur partie supérieure avait été attribuée *ipso facto* à l'Infracénomanien.

Par contre, les cuvettes de la région de Demnate *s. s.* ne montrent pas de Crétacé marin. L'âge de leurs séries rouges devient alors bien plus délicat à établir. C'est ainsi que les grès de la vaste cuvette des Guettioua (Nord-Est de Demnate) ont été attribués par Ed. Roch au « Jurassique continental », tandis que ceux du Synclinal des Oultana traversé par l'Oued Rhzef, en tous points comparables aux premiers, se trouvent rattachés au Lias supérieur. Rappelons que c'est dans ces grès (près des Aït Kelech, Aït Iouaridène) que se trouvent les célèbres traces de pas de Dinosauriens, étudiées par E. Roch, H. Plateau, puis par H. Termier, Ennouchi, A. F. de Lapparent, etc.

Dernièrement une révision géologique a été entreprise dans cette région. D'une part l'un de nous (P. L.) a pu la parcourir en détail pour le compte de l'Énergie Électrique du Maroc. D'autre part, en vue de l'établissement du 1/500 000e du Maroc, toute cette zone a été revue sur photographies aériennes (G. Ch. et A. F.-M.). Ces études ont montré que les séries rouges des cuvettes des Guettioua et des Oultana étant sensiblement identiques à celles des Aït Attab et Aït Tissekht, l'Infracénomanien devait donc y jouer un rôle important.

Dans la cuvette des Guettioua, les dolomies du Lias moyen sont surmontées d'abord par des grès roux semblables aux « couches chocolat » de Bin el Ouidane dont l'âge liasique (Lias supérieur) ne peut être mis en doute. Ils sont séparés des grès franchement rouges des Guettioua — caractérisés par des niveaux grossiers — par un ensemble marin du Jurassique moyen défini par Ed. Roch (1). C'est l'absence de toute discontinuité entre le Jurassique moyen et les grès de Guettioua qui a conduit Ed. Roch à attribuer ces derniers au « Jurassique continental ».

Dans la cuvette des Oultana, les formations gréseuses sont identiques. On y trouve aussi, à la base, la « série chocolat » attribuable au Lias supérieur et, au sommet, des grès rouges semblables aux grès des Guettioua (c'est cette série qui contient les empreintes de Dinosauriens).

Cependant les couches marines du Dogger n'y ont été rencontrées par E. Roch et J. Dresch que dans un seul endroit au Sud d'Imi n'Ifri. Les

formations marines sont ici moins épaisses qu'aux Guettioua (35 m), mais parfaitement reconnaissables par leur faciès et leur faune [1]. Une localisation aussi étroite du Dogger a paru anormale et nous a incités à des recherches plus approfondies. Elles ont abouti à la découverte d'une discordance cartographique des grès rouges des Oultana sur la « série chocolat », le Dogger marin et les quelques couches du « Jurassique continental » qui lui font suite. Sur le flanc sud du Synclinal, le Dogger ne dépasse guère Tirhirt (piste forestière du J. Azloun). Sur son flanc nord il se perd avant d'atteindre la piste des Oultana, pour réapparaître sur le flanc sud du Djebel Guiber (Keroual).

Cette découverte, vérifiée par des levés à terre et un survol en avion, met en évidence l'indépendance des grès des Guettioua par rapport au Jurassique. Il est donc logique d'attribuer tout l'ensemble de grès rouges supérieurs des deux cuvettes des Guettioua et des Oultana (O. Rhzef) au Crétacé (Infracénomanien). En effet une telle discordance à la base de l'Infracénomanien est très générale dans le Domaine atlasique.

Au point de vue régional, cette découverte rétablit l'unité stratigraphique et tectonique de toutes les cuvettes synclinales entre Aït Attab et Aït Tissekht. Elle permet aussi, en se basant sur l'identité de faciès et par raison de continuité, d'attribuer à l'Infracénomanien les lambeaux synclinaux connus sur la rive gauche de l'Oued Lakhdar, en amont des Guettioua, dans la région de Tamsift (feuille de Demnate); le remplissage de l'alignement synclinal des Aït Tououtline bordés au Sud par la succession des chaînons liasiques : J. Thil, J. Ouaoussinet, J. Amerziaz, J. Azegza, J. Alimane, J. Iskad (feuille de Telouet); enfin les couches rouges supérieures du Synclinal d'Irhil Tiniourine-J. Ifrine ou Khalifa, au Nord du M'Goun (feuille de Dadès).

Une autre conséquence importante qui se dégage de ces observations concerne l'âge et la répartition paléogéographique des Dinosauriens au Maroc. En effet les célèbres empreintes de pas de Dinosauriens, dites de Demnate (Aït Ioudridene, Aït Kelech) deviennent de ce fait infracénomaniennes. Cette nouvelle attribution rentre dans le cadre des dernières découvertes : celle de G. Dubar qui a montré que le gisement d'Isseksi (J. Sgatt près de Taguelft) se trouvait dans le Crétacé inférieur [2] et celle de G. Colo qui vient, dans une Thèse (Paris, 1956) encore inédite, de prouver que la série d'El Mers (Moyen Atlas) appartenait au Cénomano-Turonien. Or ces deux principaux gisements de Dinosauriens étaient considérés jusqu'à présent comme bathoniens. Certains caractères primitifs de ces Vertébrés (*Cetiosaurus moghrebiensis* A. F. de Lapparent) semblaient même confirmer leur âge jurassique [3].

Le Crétacé des régions atlasiques et présahariennes devient ainsi, de loin,

la principale formation marocaine à Dinosauriens. En effet à la liste des gisements ci-dessus, il faut ajouter tous ceux découverts par R. Lavocat dans le Crétacé du pourtour Sud et Sud-Est de l'Anti-Atlas. On obtient ainsi un tableau saisissant du peuplement des Dinosauriens dans le Maroc à l'époque crétacée.

(1) *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 51, 1939, p. 247-271.

(2) G. Dubar, *Haut-Atlas Central. Livret-guide. Excursion* A 34 (19e *Congrès géol. Intern.*, série Maroc, n° 4, 1952).

(3) A. F. de Lapparent, *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, 124, 1955.

GÉOLOGIE. — *L'Autunien du Nivernais.*

Note de MM. **Robert Feys** et **Charles Greber**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Des sondages dans la région de Decize-La Machine (Nièvre) ont reconnu des assises d'âge autunien pouvant atteindre une très grande épaisseur. Ils ont montré que cet Autunien ne représentait pas toujours l'épisode final du comblement des bassins stéphaniens, mais correspondait aussi à un nouveau cycle sédimentaire, intéressant de nouvelles aires de dépôt.

Les Houillères du Bassin de Blanzy exécutent actuellement une importante campagne de sondages alentour du gisement houiller d'âge stéphanien moyen (1) de La Machine, qui apparaît en horst au milieu du Mésozoïque. Dans ce gisement, les travaux d'exploitation ont montré que le Stéphanien productif repose directement sur le cristallin par l'intermédiaire de conglomérats. Au Sud de La Machine il peut aussi reposer en discordance sur du Westphalien (2). Il est recouvert par places de grès rouges, attribués sans preuves au « Saxonien ». Dans la coupe d'un des puits a été signalé un passage de terrains attribuables à l'Autunien (1) en position anormale sous le Stéphanien.

Un certain nombre de sondages (3) ont récemment traversé d'importantes séries autuniennes, datées par *Calliperis conferta* Sternberg, *C. polymorpha* Sterzel, *C. jutieri* Zeiller, *Walchia*, associés à des espèces banales telles que *Pecopteris polymorpha* Brongn., *P. cyathea* Schloth., *P. feminæformis* Schloth, *Cordaïtes*, etc. P. Pruvost y a également découvert et déterminé *Anthracomya carbonaria* Goldfuss.

Cet Autunien est constitué par des pélites ou argilolites plus ou moins gréseuses, soit franchement vertes ou bariolées, soit gris verdâtre, des schistes argileux de mêmes teintes, des schistes noirs bitumineux, pétris d'écailles et épines de poissons, coprolites et débris animaux de toutes sortes, des bancs carbonatés, des grès, arkoses et conglomérats. D'une façon générale, les teintes sont plus vives et plus claires vers le sommet, plus ternes et plus sombres vers la base. Il s'y intercale parfois, surtout vers

la base, des schistes gréseux et grès gris, ressemblant beaucoup à ceux du Stéphanien, mais à reflets verdâtres, et dépourvus de charbon.

Tous ces terrains sont compacts, c'est-à-dire que les alternances sédimentaires y sont le plus souvent mal tranchées, schistes, grès et arkoses y sont mélangés plutôt qu'alternés. La sédimentation en est floue, indécise, nuageuse. Subjectivement, on dirait que ces fosses autuniennes ont été comblées avec précipitation, sans que les matériaux déposés aient eu le temps d'être soumis à un classement granulométrique. Leur épaisseur est parfois considérable : plus de 400 m au sondage du Bois de Thianges, 400 m environ au sondage des Ménotons, 1000 m environ au sondage de Germancy.

Au-dessus de cet Autunien daté on observe, au Nord de La Machine, des arkoses et conglomérats rouges et bariolés qui affleurent largement au village des Trois-Vêvres et dans le Bois de Thianges. Dans les sondages de ce secteur, ces grès rouges ont été traversés sur 80 m. Ces terrains sont difficiles à séparer des grès de base du Trias; ce sont eux qui en l'absence de fossiles sont habituellement rapportés au Saxonien, mais à tort, car un tel faciès peut, en certains points, être d'âge autunien : au sondage de La Moquerie, non seulement il n'y a pas de limites tranchées entre ces grès rouges et les argilolites vertes autuniennes, qui passent progressivement de l'un à l'autre, mais encore intrication mutuelle.

Rapports de l'Autunien et du Stéphanien. — Deux cas sont possibles :

a. L'Autunien peut reposer sur du Stéphanien en concordance apparente, sans qu'il soit possible de reconnaître de limites nettes entre ces deux formations. Le sondage des Ménotons a traversé de l'Autunien certain jusqu'à la profondeur de 320 m environ, puis jusqu'à 801 m des terrains ambigus, accumulation des schistes gris, grès et conglomérats sans fossiles caractéristiques, montrant le passage lent et insensible des faciès « autuniens » aux faciès « houillers ». Ce n'est qu'à partir de 801 m que des fossiles permettent de dater le Stéphanien moyen. Il est ici très réduit, et le cristallin a été atteint à 956 m sous un conglomérat de base. Le sondage de Germancy, au Sud de la Loire, a fourni une coupe comparable : faciès « grès rouges » jusqu'à 247 m, surmontant de l'Autunien bariolé, puis, à partir de 683 m des terrains plus gris, mais contenant encore une flore à *Callipteris* et *Walchia.* Ce n'est que vers la base du sondage, arrêté à 1274 m, que le Stéphanien a peut-être été atteint, mais encore mal caractérisé.

b. L'Autunien peut aussi reposer directement sur le socle cristallin, sans interposition de Stéphanien. C'est le cas du sondage des Trois-Vêvres qui a traversé d'abord 83 m de grès rouges, puis de l'Autunien jusqu'à la rencontre des microgranites du socle, à 412,50 m. L'Autunien repose ici sur le socle par l'intermédiaire de terrains de plus en plus détritiques,

avec prédominance d'arkoses grossières et de conglomérats polygéniques, représentant le conglomérat de base. Tout à fait à la base, ces conglomérats prennent des couleurs rutilantes, le ciment étant formé d'argilolites rouges et vertes. Dans le même secteur, le sondage du Bois de Thianges a fourni une coupe comparable : 73 m de grès rouges, puis de l'Autunien tout à fait semblable au précédent, mais bien plus épais, puisque le sondage a dû être arrêté dans des schistes gris verdâtre, à 500 m de profondeur, alors que rien n'indiquait la proximité du socle.

Les aires de dépôt de ces deux formations autuniennes et stéphaniennes sont différentes; même quand il arrive qu'elles se superposent, leurs puissances maxima ne sont point sur la même verticale : là où le Stéphanien productif s'est déposé avec une grande épaisseur, il n'y a que très peu, le plus souvent pas du tout, d'Autunien au-dessus (comme dans les sondages de la région de Marcy). Inversement, quand un sondage traverse de l'Autunien très développé, il n'y a pas de Stéphanien au-dessous (sondage des Trois-Vêpres), ou alors il est très réduit (comme au sondage des Ménotons).

Ces faits montrent que l'Autunien ne correspond pas seulement dans le Nivernais à une sorte d'épisode terminal du comblement des fosses stéphaniennes. C'est aussi un nouveau cycle sédimentaire débutant comme le Stéphanien par un conglomérat de base, en transgression sur le socle cristallin, dans des cuvettes distinctes des aires de sédimentations stéphaniennes, et d'une importance comparable si l'on considère le volume du comblement détritique.

(1) P. Corsin et C. Monomakhoff, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 980.

(2) M. Grangeon, R. Feys et Ch. Greber, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1447.

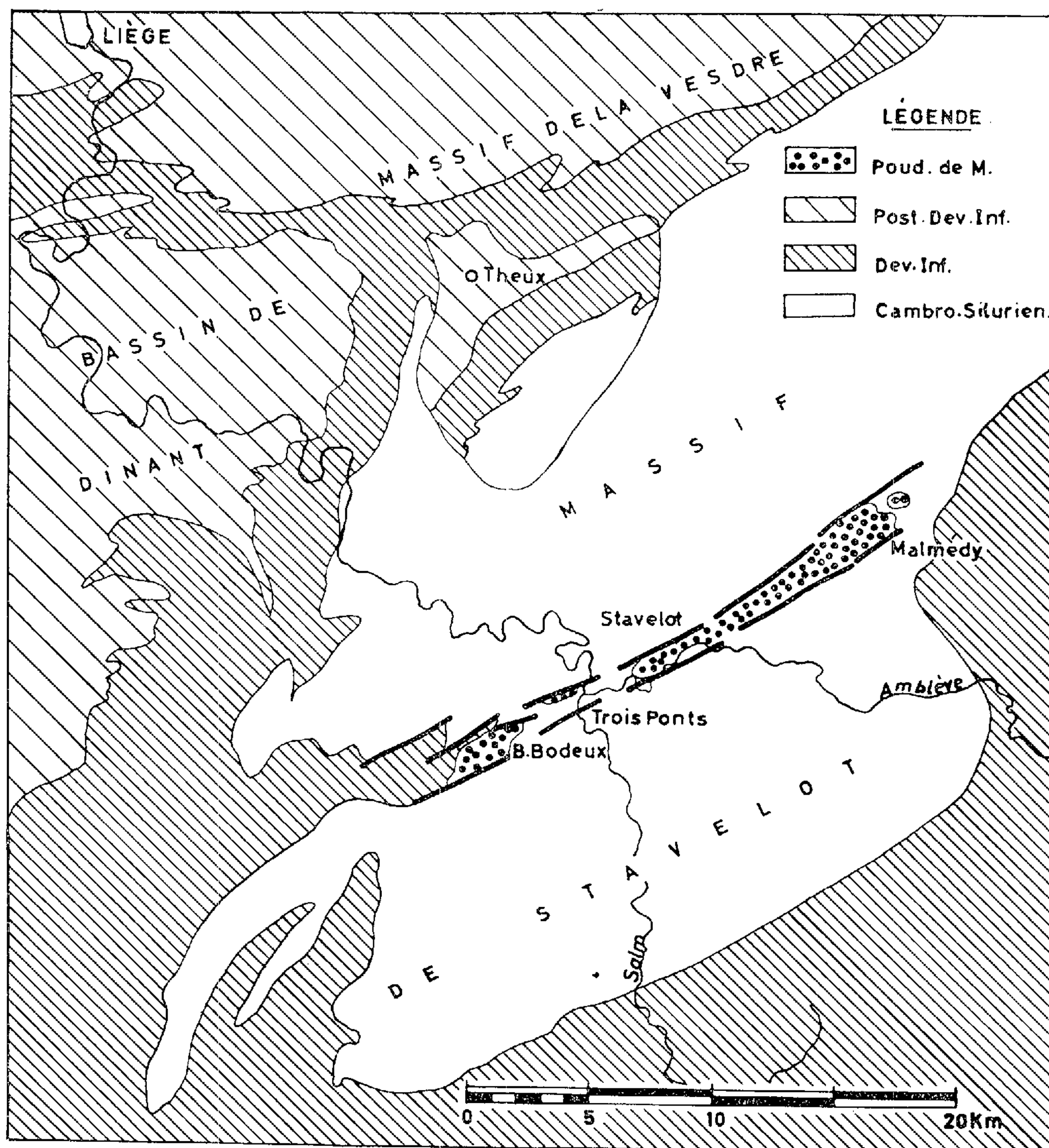
(3) Tous les sondages cités dans cette Note sont situés sur la feuille géologique de Saint-Pierre n° 135 NE. Coordonnées Lambert : La Moquerie : $x = 684,55$, $y = 212,50$; Germancy : $x = 685,10$, $y = 201,60$; Ménotons : $x = 680,50$, $y = 212,60$; Trois-Vêvres : $x = 683,55$, $y = 212,85$; Bois de Thianges : $x = 685,20$, $y = 213,55$.

GÉOLOGIE. — *Le Graben de Malmédy.*

Note de M. **Ferdinand Geukens**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le Poudingue de Malmédy, qui forme l'un des premiers dépôts de démantèlement de la chaîne hercynienne, s'observe sur 22 km de distance, depuis Xhoffraix-Malmédy jusqu'à Basse Bodeux, suivant une zone de 2 à 3 km de largeur. Il est constitué principalement d'un conglomérat vert, rouge par altération, à éléments quartzitiques de 2 à 5 cm de diamètre, dans lequel s'intercalent des niveaux gréseux, ainsi que des horizons à gros éléments. Localement les éléments sont subanguleux et le poudingue prend

l'aspect d'une brêche. La partie supérieure peut être riche en éléments calcaires ou à ciment calcareux. Le poudingue, non fossilifère, est généralement considéré comme d'âge permien; il repose principalement sur le



Esquisse Géologique du graben de Malmédy indiquant l'extension actuelle des dépôts du Poudingue de Malmédy, des assises à terrains calcaires post Dévonien inférieur et des assises schisto-quartzitiques du Dévonien inférieur et du Cambro-Silurien.

Cambro-Silurien (Devillien, Revinien et Salmien), mais également sur le Gedinnien, comme c'est le cas aux environs de Basse-Bodeux. Ce dépôt a été interprété naguère par A. Renier [1] comme le remplissage d'une vallée.

La révision cartographique nous montre que cette idée doit être modifiée; le contact entre le Poudingue de Malmédy et les formations environnantes se fait presque uniquement par faille.

Une série de failles subverticales en gradins, délimite le poudingue au Nord. Cette structure explique le fait que l'on trouve le poudingue sur des paliers à différentes altitudes.

L'extension méridionale du poudingue est également limitée par des failles subverticales. Toutefois, dans la zone de la plus grande largeur, la partie méridionale est constituée de poudingue, qui incline de 25° vers le Nord et repose, en discordance sur le Revinien, sur une distance d'environ 200 m, après quoi il descend brutalement le long d'une des failles appartenant au bord sud du graben.

Le levé des failles, délimitant ce fossé tectonique, a pu être poursuivi dans le Cambro-Silurien et dans le Gedinnien, non seulement dans la région de Trois-Ponts, comprise entre les deux lambeaux principaux du poudingue, mais également dans les prolongements nord-est et sud-ouest, où sa base se relève progressivement. Dans la région de Trois-Ponts, le graben est le plus étroit et il s'élargit en direction de Malmédy et de Basse-Bodeux.

Les brêches que nous avons observées sont localisées près des failles, tant au bord sud qu'au bord nord. Malgré qu'elles ne soient pas clairement stratifiées, elles sont cependant nettement sédimentaires. Ceci nous fait penser à la contemporanéité de la formation du graben et de la sédimentation. D'autre part les éléments calcaires, abondants dans la partie supérieure du poudingue, proviennent au plus près des synclinaux du Bassin de Dinant et du Massif de la Vesdre (il paraît difficile d'imaginer que le Massif « en fenêtre » de Theux ait été déjà dénudé à cette époque), ou sinon des synclinaux plus éloignés de l'Eifel; ceci nous indique que le Massif cambro-silurien de Stavelot et sa bordure éodévonnienne doivent avoir été recouverts en partie par le prolongement des dépôts actuellement conservés dans ce graben; celui-ci n'est donc qu'une structure mineure dans un bassin de sédimentation plus étendu et qui a continué à s'affaisser.

On doit conclure à l'existence d'une phase tardive de l'orogenèse hercynienne, au cours de laquelle les dépôts sédimentaires ont été formés et conservés dans un fossé tectonique étroit, que nous dénommons : Graben de Malmédy.

(1) *Ann. Soc. géol. Belg.*, 29, Liège, 1902, p. 145-223; *Bull. Soc. belge Géol.*, 29, Bruxelles, 1920, p. 231-245; et 35, Bruxelles, 1928, p. 174-249.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence probable d'un gisement uranifère dans la région de Neualm (Tauern de Schladming, Autriche).* Note de MM. **Jacques Avias** et **Robert Coppens**, présentée par M. Pierre Pruvost [1].

L'étude à la plaque nucléaire d'échantillons polis et de lames minces d'une roche minéralisée prélevée par l'un d'entre nous dans le « brande » de Neualm, au pied du massif de Zinkwandvöttern (Tauern de Schladming, Autriche), montre l'existence dans cette roche, constituée essentiellement par des amas de pyrrhotine et de pyrite dans un fond de quartz et de carbonates, de très nombreuses inclusions fortement radioactives (*fig.* 1 à 4).

Les dimensions de ces inclusions sont variables mais restent toujours très réduites (quelques centaines de microns carrés), si bien que l'activité totale de l'échantillon reste faible. Un examen au scintillomètre « C. A. E. » (mouvement propre = 10) n'a d'ailleurs montré qu'un accroissement (16) inférieur au double du mouvement propre et l'échantillon a été classé comme stérile.

La teneur de ces inclusions peut atteindre 50, 60 et même parfois près de 80 %.

Il s'agit d'inclusions opaques, noires, à grand pouvoir réflecteur. L'examen microscopique et la très forte teneur en uranium, font naturellement penser à de l'uraninite, de la pechblende ou un produit noir d'altération. Il convient de signaler d'ailleurs ici qu'un échantillon de pechblende, de provenance exacte inconnue mais qui aurait été recueilli par un ouvrier en 1942 dans l'ancienne mine d'Eishar, dans la vallée de Schladming-Oberthal, avait conduit Ehrlich, Kirsch et Muller (Communication personnelle) à admettre la possibilité de gîtes de minerais radioactifs dans cette région mais aucun échantillon en place n'avait pu être retrouvé.

L'hypothèse d'Ehrlich, Kirsch et Muller était d'ailleurs en outre supportée par l'analogie des gîtes métallifères qui sont connus dans la région (gîtes de plomb, or, argent, cuivre, cobalt, nickel, bismuth) avec ceux classiques de Joachimsthal. Le nickel, le cobalt, le bismuth et l'argent font d'ailleurs partie, dans le domaine hercynien de l'Europe, du cortège classique de l'uranium, contrairement aux types de gîtes les plus fréquents en France (type fluorés et types uranifères propres).

La grande abondance de l'arsenic et la rareté du bismuth existant dans les minéralisations du massif de Zinkwand situées au-dessus du brande de Neualm caractérisent à Joachimsthal et dans de nombreux autres gîtes du monde un étage élevé par rapport à l'étage des minéralisations en uranium et un étage bas par rapport aux minéralisations en plomb et en zinc. Or dans le massif de Zinkwand, les gîtes les plus élevés, qui ont été exploités les premiers, l'ont été pour le plomb et l'argent. Il s'ensuit

que, par analogie, une possibilité existait de gîtes d'uranium dans les parties basses des niveaux actuellement atteints par les travaux miniers. La découverte d'inclusions radioactives uranifères en place dans le prospect de Neualm vient confirmer définitivement ces hypothèses.

Traces des rayons α laissées par les inclusions radioactives.

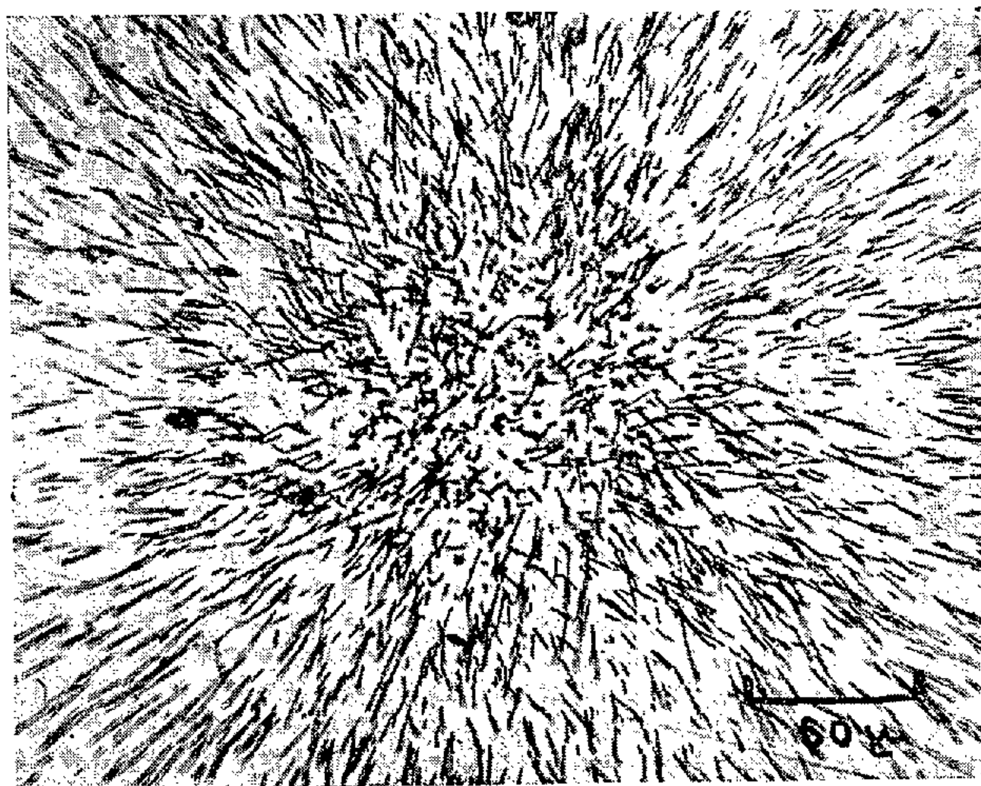


Fig. 1. — Pose 13 jours.

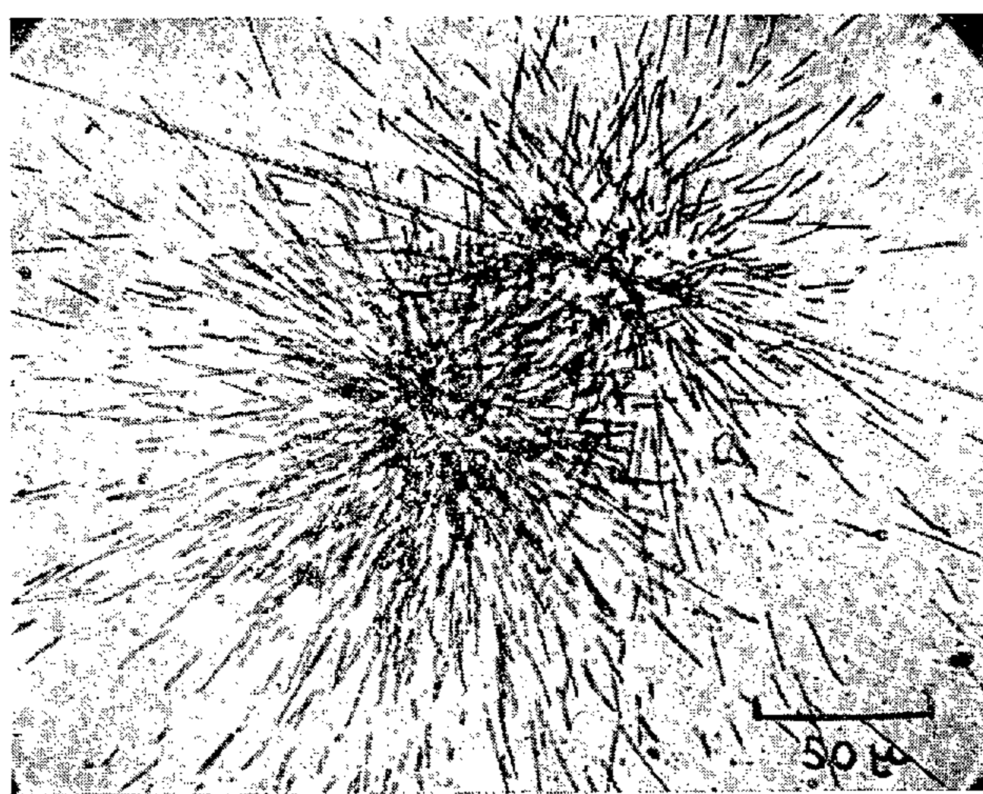


Fig. 2. — Pose 13 jours.

Les inclusions de ce genre ont en effet toujours été rencontrées dans les roches encaissantes des gîtes uranifères ([2]). Le nombre des inclusions observées indiquerait la présence du gisement dans les environs immédiats.

Bien que l'étude d'un seul échantillon ne permette pas, dans l'état actuel des recherches, de tirer des conclusions certaines ni surtout de préciser l'importance du gisement éventuel, les observations faites constituent néanmoins un indice très sérieux qui méritait d'être signalé.

Traces des rayons α laissées par les inclusions radioactives.

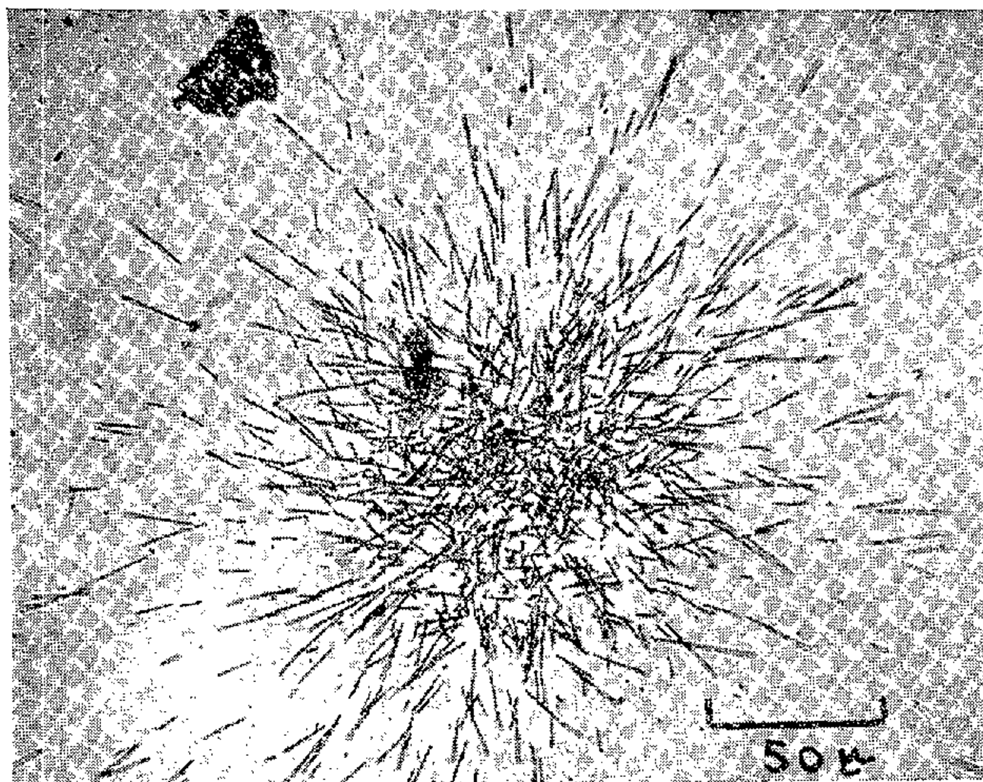


Fig. 3. — Pose 2 jours 1/2.

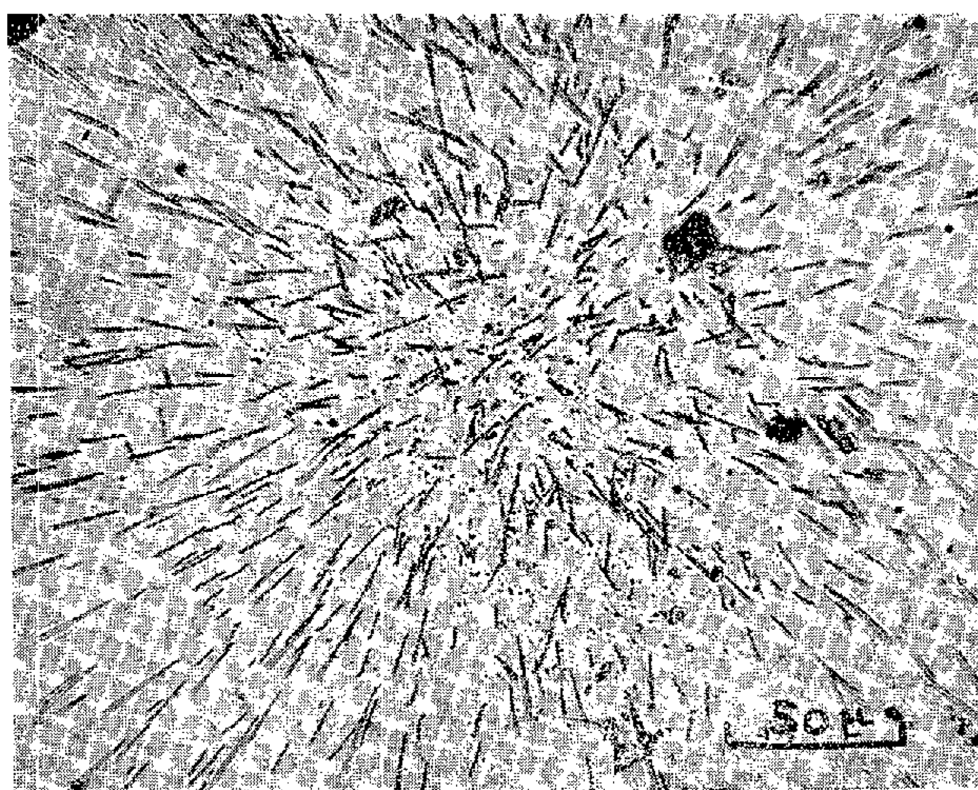


Fig. 4. — Pose 2 jours 1/2.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13.567 déposé le 4 juin 1956, ouvert, à la demande des auteurs, en la séance du 19 novembre 1956.

(2) M. Roubault et R. Coppens, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1748. [Ajouter aux gisements cités celui de Lignol (Morbihan)].

MÉTALLOGÉNIE. — *Sur la présence de vanadates d'Urane dans certaines formations filoniennes de Sidi-Ayad (massif primaire d'Aouli, Maroc central).* Note de M. **Jean René Leconte**, présentée par M. Paul Fallot.

La présence de vanadates d'urane (tyuayamunite, principalement, et carnotite) a été mise en évidence lors des travaux de prospection, sur des échantillons prélevés par M. Blangy et son équipe à Sidi-Ayad en 1953. Des travaux entrepris sur ces indices en 1954 et 1955 ont permis de préciser le mode de gisement de ces minéraux.

Situation géologique. — Les gisements sont situés dans une apophyse granitique et granodioritique du batholite considéré comme hercynien de Assaka N'Tebahirt-Sidi-Ayad, à 24 km Nord-Nord-Est de Midelt. Le granite occupe le centre de l'apophyse et la granodiorite forme les marges. Ils sont intrusifs et discordants, dans une série de direction généralement Nord-Ouest-Sud-Est, de micaschistes fins, schistes tachetés, quartzites et amphibolites, affectés dans l'ensemble du massif primaire par un métamorphisme général, et, autour de l'apophyse granodioritique de Sidi-Ayad, par une auréole de métamorphisme de contact d'une centaine de mètres de largeur. L'âge exact de ces schistes primaires est indéterminé.

Structuralement, la région de Sidi-Ayad-Aouli se présente comme une alternance de petits horsts et de petits grabens, dirigés Nord-Est ou Nord-Nord-Est, raccordés entre eux par des gradins plus ou moins décalés.

Les fractures principales, 50° Nord à 70° Est qui déterminent cette tectonique, affectées de plusieurs rejeux successifs, ont été minéralisées d'abord, par une venue de quartz avec sulfures de fer et cuivre, ensuite, à la suite d'une réouverture importante, par une venue à barytine et galène donnant des gisements importants, du groupe de ceux d'Aouli-Mibladen.

Dans les gradins réunissant le graben de Sidi-Ayad au horst de El Hassir, situé à environ 3 km au Sud-Est, existe une série d'éléments structuraux étroits, en majorité Nord-Sud ou voisins, quelques-uns Nord-Est, longs de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Ces fractures montrent un remplissage de quartz hématiteux et de brèche, et sont uranifères. Elles sont généralement encaissées dans la granodiorite; un filon est encaissé dans les schistes cristallins, un autre s'est mis en place dans un filon d'andésite réouvert.

Ces éléments structuraux sont antérieurs au rejeu qui a amené la minéralisation en plomb dans le réseau plombifère.

Leur âge est post-triasique et anté-crétacé.

Paragenèses. — Dans les filons plombifères, on peut distinguer deux venues successives :

a. Quartz, parfois jaspe ferrugineux — pyrite; chalcopyrite et leurs altérations.

b. Quartz blanc — Barytine. Fluorine, peu abondante. Ankérite localement galène (cérusite).

Les filons de brèche hématiteuse montrent des associations minérales suivantes :

— Quartz blanc, parfois enfumé — pyrite; marcassite.
— Quartz hématiteux — chalcopyrite; oxydes divers de Fe et Mn.
— Brèche siliceuse — (galène).
— (Calcite) — chrysocolle.
— (Barytine) — malachite.
— (Fluorine parfois violette) — covelline; chalcosine; (cérusite).

La minéralisation uranifère n'est visible que dans les premiers mètres d'approfondissement des filons (0 à 10 m). Ont été identifiés :

— Tyuyamunite, abondante.
— Carnotite, plus rare.
— Kasolite, rare.
— Uranotile, rare.
— Uranopilite, abondante en surface.

La tyuyamunite, identifiée avec certitude par le Laboratoire de Minéralogie du Commissariat à l'Énergie atomique, se présente en enduits pulvérulents ou en croûtes microcristallines, liées plus généralement à la zone hématiteuse des filons, dans les diaclases, fractures ou géodes de celle-ci.

La carnotite se présente dans des conditions analogues, mais est plus rare.

En dessous de 10 m de profondeur, la minéralisation uranifère, bien que présente, n'est plus visible.

La présence de vanadates d'urane dans les brèches siliceuses et ferrugineuses de Sidi-Ayad est à rapprocher de l'existence de vanadinite dans le gisement de plomb de Mibladen, gîte de substitution dans des calcaires liasiques, situé à 14 km au Sud de Sidi-Ayad.

Actuellement, aucune recherche n'a été tentée pour mettre en évidence la présence d'autres minéraux de vanadium dans les gîtes de Sidi-Ayad.

PALÉONTOLOGIE. — *Un Dinosaurien Stégosauriné dans le Callovien du Calvados.* Note (*) de MM. **Robert Hoffstetter** et **Roger Brun**, présentée par M. Jean Piveteau.

La glaisière de la tuilerie du Fresne, commune d'Argences (Calvados), représente un gisement classique du Callovien, bien daté par sa faune d'Invertébrés, notamment par ses Ammonites [*Kepplerites gowerianus*

(Sow.), *K. calloviensis* (Sow.), *Cadoceras sublaeve* (Sow.), *Proplanulites teisseyri* (Tornq.)], auxquelles R. Douvillé a consacré des études bien connues ([1]).

En ce qui concerne les Vertébrés, ce gisement, qui n'avait fourni que des éléments fauniques marins (Poissons; Reptiles : Pliosauridés, Élasmosauridés, Métriorhynchidés), vient de révéler l'existence d'un Dinosaurien terrestre, jusqu'ici inconnu dans la faune callovienne. Il se peut qu'un individu complet ait été présent dans les argiles; malheureusement, il a été mis au jour par l'exploitation mécanique de la glaisière, et c'est grâce à la vigilance des ouvriers et à la compréhension de M. J. Roujoux, directeur de la tuilerie, que quelques pièces — heureusement très expressives — ont pu être sauvées et conservées par l'un de nous (R. B.) et que, par suite, leur étude scientifique a pu être entreprise (R. H.) au Muséum.

Le matériel, encore en cours de préparation, comprend notamment diverses vertèbres cervicales et dorsales, un gros tronçon de la queue, des côtes, l'humérus gauche, des éléments de la patte postérieure droite (grande partie du fémur et ensemble tibia-péroné-astragale) et une épine dermique munie d'une grande plaque basale.

Les pièces, bien conservées et très significatives, appartiennent indiscutablement à un Stégosauriné. Encore que l'épine, avec sa grande plaque basale, diffère des pièces décrites jusqu'à présent, l'ensemble du matériel s'accorde avec les caractères connus du genre européen *Dacentrurus* Lucas 1902, plus couramment désigné par le nom de *Omosaurus* Owen 1875, *nec* Leidy 1856. La forme d'Argences peut être provisoirement rattachée à ce genre; mais elle représente apparemment une espèce inédite qui sera décrite dans un prochain travail.

Le genre considéré est surtout connu dans le Kimméridgien d'Angleterre (*O. armatus* Owen 1875), de Normandie (*O. lennieri* Nopcsa 1910) et du Portugal (matériel rapporté aux deux espèces précédentes par G. Zbyszewski 1946). Les restes plus anciens sont très rares et souvent mal datés. On en a signalé dans l'Oxfordien d'Angleterre (*O. durobrivensis* Hulke 1887, initialement attribué au Kimméridgien et peut-être « *Stegosaurus* » *priscus* Nopcsa 1911). Par ailleurs, F. von Huene a rapporté au même genre (*O. vetustus* Huene 1910) un fémur du Musée de l'Université d'Oxford et, sur la base de l'étiquette d'origine (Enslow Bridge), l'a attribué au Dogger, probablement Bathonien, sans qu'on ait pu contrôler le niveau géologique précis d'où provenait le fossile.

Il en est tout autrement du matériel d'Argences, dont la provenance est connue avec précision et dont l'âge géologique est rigoureusement établi. Il démontre donc l'existence de la sous-famille dans un niveau anté-oxfordien. Et ce point revêt une particulière importance si l'on rappelle que les formes extra-européennes de la même sous-famille (*Kentrurosaurus*

d'Afrique orientale, *Stegosaurus* d'Amérique du Nord) appartiennent, au Jurassique supérieur.

Cette découverte parle en faveur d'une différenciation des Stégosaurinés dans l'Ancien Monde et plus spécialement en Europe occidentale. Une telle hypothèse est d'autant plus légitime que le rameau paraît s'enraciner dans les Scélidosaurinés du Lias d'Angleterre, ou tout au moins au voisinage immédiat de ceux-ci.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) *Voir* aussi A. Bigot, *La Basse Normandie. Esquisse géologique et morphologique*, Caen (Bigot), 1942, p. 47.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte d'une riche microfaune dans le calcaire silurien de la région de la Saoura (Sahara du Nord).* Note (*) de M. **Harry Mutvei**, présentée par M. Jean Piveteau.

L'auteur de la présente Note a voyagé en Afrique du Nord française durant l'hiver 1954 pour collecter des fossiles siluriens (1). Les récoltes les plus importantes proviennent de la région de la Saoura dans le Sahara du Nord (Algérie) et plus exactement d'un gisement situé à 8 km au Nord-Ouest de la localité d'Øugarta entre Draa Oued Ali et Saheb el Djir (environ à 50 km au Sud de Béni-Abbès). Dans ce gisement, qui avait déjà été décrit par Poucyto (2), la succession des couches du Wenlock supérieur et du Ludlow comprend une série d'horizons calcaires assez minces séparées par des horizons schisteux épais (Poueyto, *loc. cit.*, *fig.* 10). Les horizons calcaires sont très riches en fossiles principalement en Nautiloïdes et en Lamellibranches, tandis que les schistes ne sont pas fossilifères.

Afin de trouver des restes de Vertébrés dans les horizons calcaires riches en fossiles, M. le Docteur T. Ørvig du Muséum d'Histoire Naturelle de Stockholm m'a proposé de traiter des échantillons de ce calcaire par de l'acide acétique à 20 %. Après avoir été soumis à ce traitement, les échantillons calcaires ont été complètement dissous à part quelques minéraux et une très riche microfaune; celle-ci comprend des écailles d'Acanthodiens (type *Nostolepis*), des fragments de cuirasse de Ptéraspides (selon les déterminations de M. le Docteur Ørvig), des Conodontes, des Ostracodes, des Nautiloïdes, des Lamellibranches, des Gastropodes, des Hyolithidés, etc. Les carapaces des Ostracodes et les coquilles de Mollusques riches en carbonate de calcium sont recouvertes d'une pellicule sombre (pyrite ?) qui les protège contre l'attaque des acides. On peut par suite préparer ces microfossiles en grand nombre grâce à l'acide acétique.

M. le Docteur Ørvig m'a fait remarquer que dans ces calcaires les écailles

d'Acanthodiens et les fragments de cuirasse de Ptéraspides sont associées à une faune d'Invertébrés nettement marins. Ce fait est particulièrement intéressant sous l'angle d'une opinion souvent émise selon laquelle les Vertébrés inférieurs les plus anciens auraient été d'eau douce. Est aussi très importante la découverte de nombreuses microformes bien conservées de nautiloïdes orthoconiques. La longueur totale de la coquille de ces Nautiloïdes est d'environ 10 mm et la distance entre les septes est d'environ 0,5 à 0,3 mm. Chez beaucoup de ces micronautiloïdes l'apex de la coquille est conservé, ce qui permet d'étudier les variations de forme de cette partie de la coquille si essentielle d'un point de vue taxonomique.

La microfaune en question sera étudiée durant les années à venir par divers spécialistes et fera l'objet d'une série de publications.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) Divers organismes m'ont aidé au cours de ce voyage, à savoir le Centre de Recherches sahariennes, le Service Géologique du Maroc, la Direction générale des Relations culturelles, et le « Stiftelsen Lars Hiertas Minnes fond ».

(2) 19e *Congrès Géol. Int.*, 1952, Algérie; *Mon. Rég.*, 1re série, no 15, p. 37-44.

PALÉONTOLOGIE. — *Le genre* Staphylopora. *n. g. Caractères et gisements de* Staphylopora chætetiformis *Le Maître*. Note de Mlle **Dorothée Le Maître**, transmise par M. Gaston Delépine.

Je choisis comme génotype du genre *Staphylopora* (σταφυλή = grappe) l'une des deux colonies de polypiers tabulés que j'avais recueillies dans la formation coralligène de Ouihalane (Tafilelt, Maroc) et qui a été figurée dans un travail antérieur sous le nom *Favosites ? chætetiformis* (1). Depuis lors cette espèce a été retrouvée non seulement en Afrique du Nord, mais encore en Australie et en Indochine. Il m'a dès lors paru utile d'en préciser les caractères et de mettre en relief ceux d'entr'eux qui justifient la création de ce nouveau genre.

Toutes les colonies connues jusqu'à présent sont massives, subhémisphériques, peu ou pas pédonculées et dépourvues d'épithèque basale. Leur hauteur varie de 3 à 10 cm, le diamètre de la face supérieure pouvant atteindre 5 à 10 cm.

Les polypiérites, petits, polygonaux, sont irréguliers de forme et de taille. Chez le génotype, leur diamètre varie de 0,3 à 0,44 mm, mais il ne dépasse pas 0,5 mm dans les autres colonies. Les parois sont munies d'un axe médian : fine ligne noire qui limite les polypiérites; toutefois, celle-ci n'est visible qu'en certains points. Les épines septales sont courtes, irrégulièrement distribuées et de faible densité; il est des polypiérites qui en sont totalement dépourvus. Les planchers droits, ou concaves vers la

partie distale ne sont pas situés au même niveau dans les polypiérites voisins (*voir* figures). Les *pores sont présents*, leur diamètre varie de 0,08 à 0,1 mm. De plus, il faut noter la présence, chez le génotype de cellules spéciales petites, arrondies et disposées en *grappes*. Ces cellules semblent naître sur le pourtour interne des parois des polypiérites auxquelles elles restent accolées, à l'angle des parois, voire même à l'intérieur de ces parois.

Staphylopora chætetiformis Le Maître.

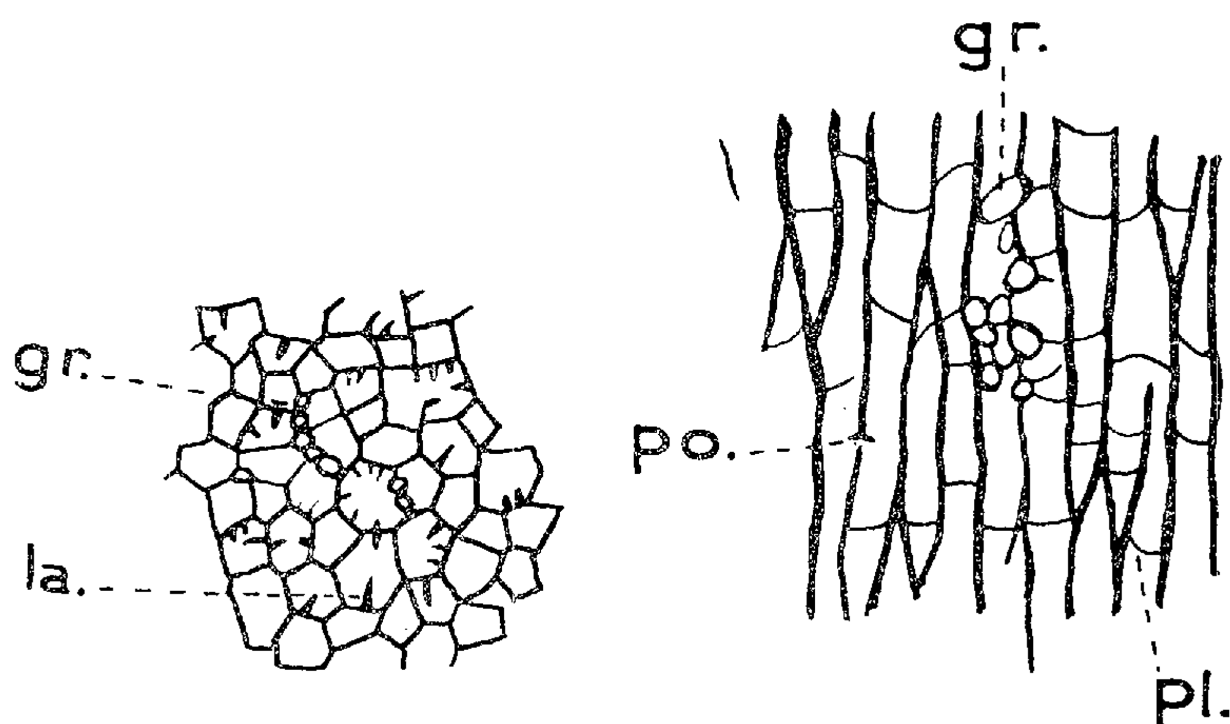


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Coupe tangentielle.

Fig. 2. — Coupe longitudinale (Gr = 10).

gr, cellules en grappes; la, lamelle divisionnaire; pl, plancher; po, pore.

Il est difficile en l'état actuel de nos connaissances d'interpréter la présence et le rôle de ces cellules qui sont aussi présentes dans les colonies de cette même espèce trouvées en Indochine ([2]) et en Australie ([3]).

J'avais émis quelque doute quant à l'attribution au genre *Favosites* des colonies de Ouihalane. En effet, outre l'exiguïté des polypiérites, il apparaît que ceux-ci se multiplient non seulement par gemmation latérale, mais encore — bien que plus rarement — par fissiparité. Ce dernier mode de division se lit aussi bien sur les coupes tangentielles que sur les coupes longitudinales : quelques calices montrent en plus des courtes épines septales, lorsque celles-ci sont présentes, une ou deux épines plus longues et diamétralement opposées, ce sont des lamelles divisionnaires.

Polypiérites de petite taille et division par fissiparité sont deux caractères constants dans le genre *Chætetes*, mais ils sont également présents chez d'autres Tabulés, par exemple chez certains *Alveolites* ([4]).

Le genre *Chætetopsis* présente aussi des affinités avec le genre *Staphylopora* à savoir : la présence non généralisée d'un axe médian délimitant les parois des polypiérites et la multiplication à la fois par gemmation

latérale et division fissipare. Mais les genres Chætetes et Chætetopsis *sont dépourvus de pores.*

En résumé, nous sommes en présence de colonies qui ont à la fois des caractères du genre *Favosites* : polypiérites polygonaux à ouvertures calicinales *perpendiculaires* à la surface et se multipliant par gemmation latérale, et des caractères du genre *Chætetes*, notamment l'exiguïté des polypiérites et leur multiplication par division fissipare. Mais celle-ci est rare chez *Staphylopora chætetiformis* alors qu'elle est constante dans le genre *Chætetes* qui est par ailleurs, *dépourvu de pores muraux* alors qu'ils sont présents chez *S. chætetiformis*. Enfin il s'y ajoute un caractère particulier : la présence de cellules arrondies disposées en grappes.

Il m'a donc paru utile de créer pour cette espèce le nouveau genre *Staphylopora* tout en le maintenant provisoirement dans la famille des Favositidés.

Staphylopora chætetiformis a été trouvé : 1° En Afrique du Nord : dans l'Eifélien de Ouihalane (Tafilelt) ; le Givétien de Zagora et dans le Dévonien moyen au kilomètre 142 de la piste de Tindouf-Bir Moghrem;

2° En Indochine : région de Yen Lac à Lung Sung et dans le calcaire de Ban Hom et de Van Lung (Dévonien moyen);

3° En Australie (Dévonien moyen);

Cette espèce paraît localisée dans le Dévonien moyen et notamment, en Afrique du Nord, dans l'Eifélien supérieur et le Givétien inférieur.

Staphylopora chætetiformis pourrait donc être considéré comme repère stratigraphique en Afrique du Nord.

(1) LE MAÎTRE, 1947, p. 71, *pl.* XXIV, *fig.* 1 à 4.

(2) FONTAINE, 1954, p. 41, *pl.* II, *fig.* 7 et 8; *pl.* III, *fig.* 1.

(3) Pour l'Australie, communication orale m'en a été faite au Musée d'Histoire naturelle à Londres par le géologue qui a trouvé cette espèce.

(4) Il ne peut être question de rapporter cette espèce au genre *Alveolites*, car elle n'en a pas les caractères essentiels (H. et G. TERMIER, 1950, *pl.* XIX, *fig.* 8 et 12, non *fig.* 7).

PALYNOLOGIE. — *Premiers résultats de l'analyse palynologique de quelques paléosols sahariens.* Note (*) de MM. **ARMAND PONS** et **PIERRE QUEZEL**, transmise par M. Louis Emberger.

Découverte au Sahara central, dans des paléosols et des remplissages d'abri sous roche, de pollens appartenant à des groupes systématiques aujourd'hui totalement disparus de la région et indiquant des oscillations climatiques quaternaires de caractère septentrional.

Au cours d'une mission de l'Institut de Recherches sahariennes de l'Université d'Alger, accomplie par l'un de nous, en avril 1956, au Sahara

central, des échantillons de paléosols ont été recueillis, provenant de terrasses alluviales quaternaires, parfois emboîtées, bordant des *oueds* actuellement fossiles.

D'autres prélèvements, d'âge plus récent, ont été faits par notre collègue Hugot, au cours de fouilles préhistoriques, dans la région de Méniet. D'après leur inventeur, les industries du Néolithique supérieur saharien qui les accompagnent ne sauraient dater de plus de cinq millénaires. Une précision plus grande sera fournie par le dosage du radiocarbone, en cours.

Les résultats ci-dessous exposés ne font mention que d'une partie du matériel sporo-pollinique mis à jour; les exigences des déterminations nous ayant réduits, pour l'instant, surtout aux groupes riches en espèces arborescentes.

Les trois horizons préhistoriques de Méniet (remplissage d'abri sous roche), étagés sur 50 cm, ont fourni des résultats très homogènes. Les essences rencontrées, dans l'ensemble des trois prélèvements, sont, par ordre de fréquence décroissante : *Pinus halepensis*, *Quercus gr. Ilex*, *Olea sp.*, *Celtis aff. australis*, *Zizyphus sp.* Il faut leur adjoindre plusieurs Cupressacées dont la détermination exacte exigerait un matériel plus abondant que celui mis en œuvre. Celui-ci permet cependant de préciser déjà, en se rapportant aux travaux de Mme van Campo [1], qu'il s'agit des genres *Callitris*, le plus abondant, *Juniperus*, avec trois espèces, et *Cupressus*, très rare. Les dimensions du pollen de ce dernier genre font penser au *C. Lereddei* Gaussen.

Deux horizons contiennent des pollens dont la morphologie est celle du « type graminée cultivée » de Firbas [2] et dont la taille permet même de préciser qu'il s'agit de pollens de céréale.

Les paléosols proviennent de trois séries de terrasses : Tin Tessandjel et l'Oued Ahor dans le Massif de la Tefedest, In Eker sur la piste de Tamanrasset à In Salah.

A Tin Tessandjel (1300 m d'altitude), la première terrasse au-dessus du lit de l'Oued (T_1) a fourni *Celtis aff. australis*. Le paléosol de la deuxième terrasse (T_2) montre, entre autres, *Pinus halepensis*, *Quercus gr. Ilex* et *Callitris sp.*

Dans la vallée de l'Oued Ahor (1700 m), on peut citer dans T_2 : *Pinus halepensis* et *Quercus gr. Ilex*; dans T_3 : *Cedrus atlantica*, *Pinus halepensis* et *Quercus Ilex*; dans T_4 : *Quercus gr. Ilex*. Ici les paléosols affleurent : l'analyse pollinique s'en trouve compliquée par des pollutions récentes et la mauvaise conservation du matériel fossile.

A In Eker le paléosol, très épais (1 m), est interstratifié dans la terrasse avec une industrie Moustéro-Atérienne. Deux horizons ont été analysés. L'inférieur montre *Pinus halepensis*, *Cedrus atlantica*, *Juniperus sp.*,

Celtis aff. australis. Dans l'horizon supérieur figurent : *Pinus halepensis*, *Quercus gr. Ilex*, *Fraxinus* ?, *Juniperus sp.*, *Alnus sp.*, *Tilia sp.*, *Daphne aff. Gnidium*.

Nous avons rapporté à l'espèce *halepensis* nos pollens de *Pinus*, qui forment un ensemble homogène, dont la taille moyenne est légèrement inférieure à celle admise généralement par les auteurs. De plus, les ballonnets sont bien conformes à ceux des exemplaires d'Afrique du Nord et s'éloignent, sur ce point, du *Pinus halepensis* du Midi de la France.

D'autre part, nous avons réuni sous le nom de *Quercus gr. Ilex* des pollens dont quelques-uns ont pu appartenir — il faut le reconnaître — à des chênes voisins du Chêne vert (*Q. coccifera*, *Q. suber*, et même *Q. Mirbeckii*), dont les pollens sont trop semblables pour que leurs différences soient perceptibles sur du matériel fossile.

Ces premiers résultats appellent quelques commentaires :

1. Il est à remarquer que les genres déterminés appartiennent presque tous à des *taxa* méditerranéens dont la majeure partie a totalement disparu du Sahara central; quelques-uns sont des paléarctiques; l'un est absent actuellement du continent africain (*Tilia*), les autres très localisés (*Alnus*, *Fraxinus*). Nous n'avons pu mettre en évidence aucun élément tropical ou saharien.

2. Le caractère particulier de nos échantillons et des techniques requises par leur étude ne permettent d'obtenir qu'un nombre limité de pollens. Ceci exclut, le plus souvent, la possibilité d'établir des spectres palynologiquement significatifs. Pourtant, des modifications qualitatives, et même quantitatives, sont perceptibles, en dépit de la relative homogénéité signalée. Ainsi, les éléments caducifoliés européens ne se rencontrent que dans les paléosols les plus anciens, le Cèdre disparaissant peu après eux. Les plus thermoxérophiles (*Olea*, *Zizyphus*, *Cupressus*), au contraire, ne se montrent que dans la station de Méniet, contemporaine de l'Homme néolithique cultivateur.

Nos premiers résultats mettent donc en évidence le caractère septentrional de plusieurs oscillations climatiques quaternaires — d'âge et de durée inconnus — au Sahara central, caractère de moins en moins marqué d'une oscillation à l'autre, et pourtant bien perceptible jusqu'à une époque récente.

(*) Séance du 22 octobre 1956.
(1) *Tr. Lab. forestier de Toulouse*, 2, 1re sect., vol. IV, art. III, 1953, 20 p., 4 tabl.
(2) *Ztschr. f. Bot.*, 31, 1937, p. 447.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Un nouveau type de vernalisation chez une plante vivace, la Benoîte,* Geum urbanum *L.* Note (*) de M. **Pierre Chouard** et Mlle **Marie-Rose Weber**, transmise par M. Louis Blaringhem.

La vernalisation se déroule ici selon un mécanisme rigoureux : le bourgeon terminal est définitivement protégé contre toute action vernalisante du froid. Les bourgeons axillaires sont successivement insensibles à la vernalisation, puis sensibles, et enfin fixés dans une destinée soit florifère, soit végétative. La vernalisation n'est pas transmissible ici par greffe. Ce type nouveau semble répandu chez les plantes vivaces.

La vernalisation concerne ordinairement les plantes bisannuelles : les exemples classiques sont ceux du Seigle *Petkus* ([1a]) et de la Jusquiame noire ([1b]). Cependant, il a été montré récemment que certaines plantes vivaces [Chrysanthèmes d'automne, Giroflée d'Allioni ([2]), etc.] exigeaient plus ou moins le froid avant d'être de nouveau aptes à fleurir. Mais on sait que la vernalisation est ressentie par tous les points végétatifs exposés au froid, qu'elle se transmet aux cellules-filles des bourgeons qui en dérivent, et qu'ainsi toute pousse vernalisée est destinée à s'épuiser bientôt en floraison totale. Pour qu'une plante sujette à la vernalisation soit vivace, il faut qu'un mécanisme supplémentaire en préserve au moins quelques parties contre la mise à fleur complète après chaque période de réfrigération.

L'exemple que nous proposons ici montre un procédé remarquablement clair et constant de mécanismes régulateurs du développement chez une plante pérenne.

Depuis longtemps, l'un de nous ([3]) avait observé que la Benoîte, *Geum urbanum* L., plante en rosette, ne fleurit jamais que sur pousses latérales, et seulement si elle a reçu le froid de l'hiver. Elle est alors indifférente au photopériodisme.

Nous avons repris systématiquement ([4]) l'analyse du comportement de cette plante. Voici le résumé des résultats obtenus :

A l'état de graine, le *Geum urbanum* n'est pas vernalisable. A l'état de plantule, ne montrant encore que deux à trois feuilles de type « juvénile », la vernalisation est déjà possible, mais, seul, le bourgeon axillaire de la plus jeune feuille visible est vernalisé et fleurit ensuite.

Une propriété frappante de cette plante est que tout point végétatif terminal, qui a acquis la structure et l'allure d'un bourgeon apical de rosette, est, à tout jamais, fixé dans cette fonction, « protégé » contre la mise à fleurs. Cette propriété existe déjà chez la jeune plantule, et peut-être même chez l'embryon dans la graine mûre.

Par contre, les bourgeons axillaires passent au cours de leur évolution, par trois stades successifs :

1° Les bourgeons à peine différenciés, à l'aisselle des microscopiques

ébauches foliaires entourant l'apex de la rosette, sont inaptes à percevoir la vernalisation : réfrigérés ou non, ils conservent toutes leurs potentialités ultérieures;

2° Un peu plus âgés, quand leurs feuilles axillantes sont jeunes et en cours d'épanouissement, visibles à l'œil nu, directement ou après dissection, les bourgeons axillaires passent par un stade de « sensibilité à la vernalisation » où se décide leur sort ultérieur. Si, dans cet état, ils subissent une réfrigération vers o à + 4° C durant environ 35 jours, ils sont alors « vernalisés »;

3° Au-delà de cet âge, quand leurs feuilles axillantes (adultes ou juvéniles) ont achevé leur croissance, les bourgeons axillaires sont *définitivement* fixés dans le sort que la température subie durant le stade précédent leur a imposé : selon les circonstances, ils peuvent pousser ou rester inhibés; mais s'ils poussent, vernalisés, ils ne donneront que des pousses longues, ramifiées et indéfiniment florifères; ou bien, non vernalisés, ils ne formeront que des rosettes feuillées. Dans ce dernier cas, leurs bourgeons axillaires passent à leur tour par la même succession de stades.

Pour faire manifester les potentialités d'un bourgeon, il est commode de le libérer de toute inhibition en faisant une bouture de la feuille axillante détachée avec son bourgeon axillaire. On peut vérifier ainsi que, si grand que soit le nombre des bourgeons-fils nés d'un bourgeon vernalisé sur la pousse longue qui en résulte, ils possèdent tous l'aptitude à se mettre à fleur.

Mais il est remarquable que, si l'on bouture une feuille dépourvue de son bourgeon axillaire, le bourgeon qu'elle peut régénérer est un apex de rosette végétative et non une pousse florale, même s'il s'agit d'une feuille de type bractéal prélevée sur une pousse florifère. L'état vernalisé, s'il se multiplie indéfiniment dans la lignée des méristèmes de bourgeons nés d'un bourgeon vernalisé, ou bien ne se conserve pas dans les tissus foliaires nés aussi d'un bourgeon vernalisé, ou bien se perd par la dédifférenciation qui précède la régénération d'un bourgeon adventif.

Enfin, contrairement au cas de quelques plantes bisannuelles, et comme on pouvait le prévoir, l'état vernalisé ne se communique pas, ici, par voie de greffage.

L'évolution des bourgeons passant par les trois stades physiologiques ici décrits, la « protection » définitive des apex âgés contre la vernalisation, l'extension indéfinie et comme autocatalytique de l'état vernalisé dans la seule lignée cellulaire des méristèmes primaires de tige, constituent quelques-unes des propriétés les plus remarquables de cette plante, qui offre ainsi des possibilités nouvelles pour l'attaque biochimique, jusqu'ici vainement tentée, des processus de la vernalisation.

Enfin, d'après nos observations préliminaires, il semble que le « type *Geum*

urbanum » puisse servir de référence pour désigner les aptitudes physiologiques de beaucoup de plantes pérennes.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

([1]) *a*. O. N. Purvis et F. G. Gregory, *Ann. of Bot.*, n. s. 1, 1937, p. 569-591; *b*. G. Melchers et A. Lang, *Biol. Zbl.*, 6, 1941, p. 16-39; *Z. Naturf.*, 3[b], 1948, p. 105-107.

([2]) W. W. Schwabe, *J. Exp. Bot.*, 1, 1950, p. 329-347; D. Vince, *J. of hort. Sc.*, 30, 1955, p. 34-24; S. J. Wellensiek, *Meded Dir. Tuinb.*, 15, 1952, p. 499-521.

([3]) P. Chouard, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 96, 1949, p. 235-237; *ibid.*, *Mém.*, p. 106-146.

([4]) M.-R. Weber, *Dipl. Ét. sup.*, Fac. Sc. Univ. Paris, 1956.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques gradients physiologiques dans le limbe foliaire de Betterave*. Note de M. **Philippe Hagène**, présentée par M. Roger Heim.

Des dosages répétés ([1]) dans le limbe de la feuille de la Betterave fourragère (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* var. *Rapa* sous les diverses formes *alba*, *lutea*, etc.) ont mis en évidence des teneurs moyennes en acide ascorbique [jusqu'à 100 mg pour 100 g du poids frais ([2])] qui sont sensiblement plus fortes que celles indiquées par les auteurs antérieurs ([3]). Dans le limbe de la sous-espèce spontanée, *B. vulgaris* ssp. *maritima*, développée dans son milieu naturel ou cultivée au jardin, les teneurs moyennes sont moins élevées, atteignant au maximum 45 % et souvent moins.

Comme le montrent les dosages effectués non plus sur des limbes entiers mais sur des portions prélevées à des emplacements déterminés, l'acide ascorbique n'est pas réparti uniformément dans le limbe, mais suivant un gradient décroissant depuis l'apex jusqu'à la base, les teneurs pour-cent étant par exemple 83,0 à l'apex, 73,1 dans la région moyenne et 52,5 à la base. La pente de ce gradient peut varier dans de très larges mesures, mais, dans les feuilles normales, la décroissance se manifeste toujours de l'apex vers la base, c'est-à-dire depuis les parties les plus âgées vers les parties les plus jeunes du limbe. Dans les racines et les tiges, l'acide ascorbique, plus abondant également à l'apex des organes, se trouve en plus grande quantité dans les régions les plus jeunes ([4]). Il semble donc que sa répartition dépende davantage des phénomènes de polarité que des phénomènes de croissance.

Dans l'épiderme inférieur du limbe foliaire de *Beta*, les chloroplastes stomatiques se colorent en général en grand nombre sous l'action d'une solution de nitrate d'argent qui est réduite dans les cellules vivantes (réaction de Molisch); comme à l'ordinaire, l'intensité de la coloration et le nombre des chloroplastes colorés dépendent dans une certaine mesure du pH du réactif utilisé; l'intensité de la réaction étant d'autant plus vive

que le pH est plus élevé. Mais l'abondance des chloroplastes colorés dans la réaction, et l'intensité de la coloration présentent aussi un rapport direct, souvent évident, avec la teneur en acide ascorbique et son gradient, les chloroplastes colorés étant plus nombreux et la coloration plus fondée dans les coupes tangentielles prélevées vers l'apex du limbe que dans celles prélevées vers sa base, le gradient de la réaction de Molisch se manifestant à peu près d'égale façon dans le réactif de pH 3,5 et dans celui de pH 5,5, et pour les deux sous-espèces, *vulgaris et maritima.*

En ce qui concerne les cellules épidermiques, au sens restrictif du terme, pour la sous-espèce *B. vulgaris* le nombre des chloroplastes qui se colorent et l'intensité de leur coloration dépendent à la fois, comme pour les stomates, du pH du réactif et de l'emplacement du prélèvement. Mais au contraire des cellules stomatiques, les territoires où se produit la réaction sont en général de faible étendue limités à la région de l'apex; à la base du limbe, la réaction est très habituellement négative. Pour *B. maritima*, l'examen des échantillons d'une vingtaine de provenances n'a montré que deux fois la présence de chloroplastes colorables par le nitrate d'argent dans les cellules épidermiques. Il s'agissait chaque fois de feuilles d'un vert jaunâtre prélevées sur des tiges florales. Dans les feuilles de ce type la teneur moyenne en acide ascorbique était de 43,7 mg pour 100 g de poids frais c'est-à-dire à peu près de la valeur maximum observée pour *B. maritima.*

Dans les cellules du mésophylle lacuneux de la Betterave fourragère, l'intensité de la réaction de Molisch dépend, en milieu acide, pH 3,5, de la teneur en acide ascorbique. En dessous d'un minimum qu'on peut fixer aux environs de 50 mg pour 100 g de poids frais (c'est dans les deux tiers inférieurs et principalement dans la région de la base du limbe que la teneur s'abaisse le plus souvent à cette valeur) la réaction positive paraît rare ou nulle. Au-dessus de cette valeur la réaction est le plus souvent positive dans la moitié au moins des cellules intactes et atteintes par le réactif. En milieu moins acide, pH 5,5, l'influence de la teneur en acide ascorbique sur la réaction de Molisch se manifeste moins nettement. Dans le mésophylle lacuneux de *B. maritima*, la réaction de Molisch n'a été positive que pour une teneur en acide ascorbique supérieure à 42,5 mg pour 100 g de poids frais.

Un troisième gradient peut être mis en évidence, dans les limbes foliaires du genre *Beta*, celui de la concentration en ions hydrogène, mesurée ici sur le suc d'expression obtenu à partir de parties homologues de plusieurs feuilles. Pour la sous-espèce *B. vulgaris*, le pH décroît de l'apex vers la base avec respectivement un maximum de 6,5 et un minimum de 5,75, le sens du gradient demeurant le même malgré des variations importantes des valeurs. Pour *B. maritima*, le sens du gradient reste également le même pour les plantes sans contact direct avec l'eau de mer; il paraît inversé

constamment pour les plantes développées à la limite supérieure des halophytes.

Les feuilles de Betteraves fourragères atteintes de « jaunisse » ont une teneur en acide ascorbique inférieure et un suc de valeur pH toujours plus faible que les feuilles témoins, le développement du virus provoquant des modifications locales de ces valeurs. La réaction de Molisch paraît présenter au début de l'infection, quand la teneur en acide ascorbique n'a pas subi d'abaissement important, la particularité d'être souvent plus généralement positive dans l'épiderme que dans celui des feuilles saines.

(1) Les dosages ont été effectués par la méthode dite TEE (Tillmans, Emmerie, van Eekelen).

(2) Toutes les teneurs en acide ascorbique sont exprimées en milligrammes pour 100 g du poids frais.

(3) *Voir*, en particulier, A. Seybold et H. Mehner, *Sitz. der Heidelberger Akad. der Wiss. Mathem. naturwiss.*, Klasse, 1948.

(4) Chayen, *J. Intern. Rev. of Cytology*, 2, 1953.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle des feuilles adultes chez le Pois.* Note (*) de M[lles] **Monique Rémy** et **Suzanne Allary**, présentée par M. Raoul Combes.

Les feuilles adultes du Pois exercent sur les bourgeons axillaires de l'épicotyle une inhibition faible mais significative. Cette influence n'est pas polarisée et présente un caractère additif qui la rapproche du type Lilas précédemment décrit.

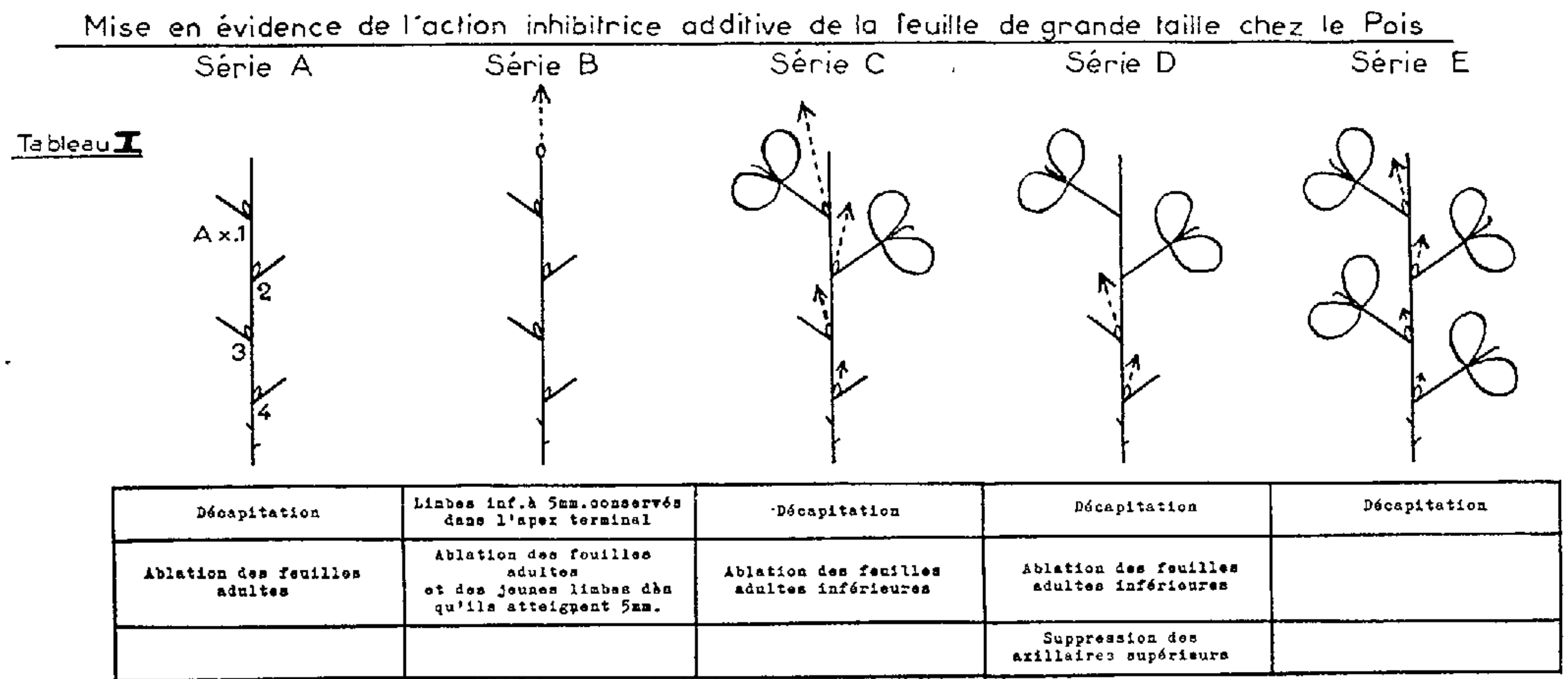
Les recherches commencées sur les végétaux ligneux (1), (2) ont montré que, contrairement à l'opinion classique, les feuilles adultes exercent une action inhibitrice sur le développement des bourgeons axillaires. De même, chez le Pois, ces dernières jouent un rôle dans l'inhibition de l'épicotyle par des rameaux cotylédonaires dont on a provoqué artificiellement le développement (3), (4). Sur ce même matériel, il nous a paru intéressant de rechercher, par des expériences plus directes, l'influence de la feuille de grande taille.

Dans ce but, nous avons réalisé simultanément les essais schématisés dans le tableau I, les plantes *Pisum sativum* variété *Express Alaska*, sont cultivées en pot, à la lumière solaire, sur terreau de feuilles. Les bourgeons cotylédonaires et les axillaires des préfeuilles, dont on connaît le comportement physiologique particulier (5), sont supprimés. Les plantes sont opérées lorsqu'elles ont quatre feuilles adultes et la croissance des axillaires de ces quatre feuilles est comparée dans les différentes séries (étude statistique des moyennes selon le t de Fischer).

Les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau II. On peut constater que :

1° Les feuilles de grande taille exercent une inhibition : l'axillaire 3 de la série D se développe plus tard et moins vite que l'axillaire 1 de la série C, ce dernier n'étant pas soumis à l'action de deux limbes situés plus haut.

Néanmoins cette influence est faible puisque dans les séries D et E les feuilles adultes sont incapables d'inhiber totalement la croissance des bourgeons. Au contraire, c'est un fait classique, les petites ébauches de l'apex ont un pouvoir inhibiteur total (série B).



Série A	Série B	Série C	Série D	Série E
Décapitation	Limbes inf. à 5mm. conservés dans l'apex terminal	Décapitation	Décapitation	Décapitation
Ablation des feuilles adultes	Ablation des feuilles adultes et des jeunes limbes dès qu'ils atteignent 5mm.	Ablation des feuilles adultes inférieures	Ablation des feuilles adultes inférieures	
			Suppression des axillaires supérieurs	

Tableau II

Résultats numériques : Ils sont exprimés en mm. et représentent la moyenne des croissances de 10 plantules.

Dates	Ax.1	Ax.3	Ax.1	Ax.3	Ax.1	Ax.3	Ax.1	Ax.3	Ax.1	Ax.3
21/6	1,1	0,9	1,1	0,9	1,1	0,9		0,9	1,1	0,9
29/6					24,7	9,5		11,8	8,6	3,3
1/7	(1)		1,5	1,2	34	13,9		22,2	13,2	5,6
4/7					43,5	16,9		37,8	16,7	6,7
6/7					52,7	19,3		47,5	23,1	8,5

(1) On aurait pu s'attendre à un départ rapide des bourgeons de la série A. Or, ils n'ont pas évolué, ou ont commencé à croître très tardivement. On doit penser que l'on est en présence d'une inhibition par carence et non d'une influence positive exercée par une substance hormonale active. Ce comportement nous empêche d'apprécier à sa juste valeur l'action des feuilles de grande taille.

2° Cette inhibition n'est pas polarisée : en effet elle s'exerce dans le sens basipète aussi bien qu'acropète : les axillaires inférieurs de la série E se développent plus tard et moins vite que ceux de la série C (inhibition basipète). Quant aux axillaires supérieurs de la série C ils ont une croissance plus rapide que celle des bourgeons homologues de la série E (inhibition acripète). Ses deux actions sont également statistiquement significatives.

3° De plus, cette influence inhibitrice a un caractère additif ce qui la rapproche du type Lilas (*r*). En effet, l'axillaire 1 de la série E sur lequel agissent quatre feuilles est inhibé beaucoup plus fortement que le bourgeon correspondant de la série C qui est inhibé par deux limbes seulement (en 14 jours croissance moyenne de 16,7 mm au lieu de 43,5 mm).

L'ensemble de ces résultats confirme ainsi la réalité d'une influence inhibitrice des feuilles de grande taille du Pois, son absence de polarité et son caractère additif interdisant que l'on tente toute conclusion sur sa nature.

(*) Séance du 12 novembre 1956.
(1) P. CHAMPAGNAT, *Rev. gén. Bot.*, **62**, 1955, p. 325.
(2) P. CHAMPAGNAT, *Rev. Cytol. et Biol. végét.*, **15**, 1954, p. 1.
(3) M. RÉMY, *Rev. Cytol. et Biol. végét.*, **15**, 1954, p. 4.
(4) M. RÉMY, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 400.
(5) P. CHAMPAGNAT, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 630.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur le métabolisme azoté chez* Œnothera biennis *L. avec ou sans vernalisation.* Note de M[me] **CLAUDE PICARD**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez *Œnothera biennis* en rosette non vernalisée, les racines sont riches en azote protéique. Celles des plantes vernalisées perdent leur azote au profit de la tige florifère; dans celle-ci, l'azote soluble prédomine vers la base et l'azote protéique vers le sommet.

Comme toutes les plantes bisannuelles vraies, *Œnothera biennis* L. ne peut monter à fleur qu'après avoir été vernalisée par une certaine période de froid : l'année du semis, elle forme une rosette de nombreuses feuilles, mais si elle passe l'hiver dehors, il apparaît l'été suivant une hampe florale de grande taille. Par contre, la plante non vernalisée, maintenue en serre chaude, conserve le port en rosette.

Nous étudions le métabolisme azoté d'*Œnothera biennis* L. et résumons ici les résultats obtenus d'une part sur des plantes ayant été vernalisées par le froid de l'hiver et portant une hampe florale haute d'environ 1 m, d'autre part sur des plantes en rosettes non vernalisées, de même âge, récoltées le même jour et provenant d'un même lot de graines.

Pour l'analyse, les racines ont été séparées des parties aériennes. Celles-ci étaient constituées, chez les plantes en rosette, par une quarantaine de feuilles insérées sur une très courte tige aplatie. Les hampes florales ont été fractionnées chacune en huit segments (s) de longueur égale, numérotés de s_1 à s_8, du collet jusqu'au sommet de l'inflorescence, puis analysés séparément : les segments s_1 à s_3 comprennent une tige assez ligneuse, portant de grandes feuilles; à partir du segment s_4, un ou deux petits rameaux latéraux sont portés par la hampe principale; les feuilles des parties supérieures deviennent plus petites et la tige plus grêle, en particulier au niveau du segment s_7 qui porte deux à trois fleurs épanouies, tandis que s_8 est formé en totalité par une inflorescence compacte en boutons.

Nous avons évalué le poids de substance sèche contenu dans chacun de ces segments. Les quantités de substances azotées ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl après séparation par l'acide trichloracétique à 10 % de l'azote protéique NP et de l'azote soluble NS.

Les résultats, groupés dans le tableau ci-dessous, pour une moyenne de 10 plantes, sont exprimés d'une part en milligrammes de substance contenus dans les différentes parties d'une plante, d'autre part en quantités d'azote rapportées à 100 parties de substance sèche.

		Pour 100 parties de substance sèche (%)			Pour une plante (mg)	
		NP.	NS.	$\frac{NP}{NS}$.	NP.	NS.
Plantes en rosette	Racines	0,88	0,27	3,2	27	8
	Parties aériennes	1,12	0,30	3,7	74	20
Plantes en fleurs	Racines	0,81	0,21	3,8	15	4
	Segment s_1	0,73	0,20	3,6	15	4
	Segment s_2	0,91	0,28	3,1	15	5
	Segment s_3	1,09	0,39	2,7	16	6
	Segment s_4	1,33	0,55	2,4	19	8
	Segment s_5	1,40	0,62	2,2	22	10
	Segment s_6	1,61	0,70	2,3	26	11
	Segment s_7	1,86	0,52	3,5	17	5
	Segment s_8	2,02	0,67	3,0	30	10

Pour les plantes en fleurs, deux courbes traduisent ces résultats, l'une exprimant les quantités d'azote protéique NP et d'azote soluble NS, l'autre le rapport NP/NS, dans les divers segments.

Nous constatons que la teneur en azote des racines des plantes en rosette est sensiblement plus grande que celle des racines des plantes en fleurs. Chez ces dernières, le développement de la hampe florale se fait aux dépens d'une partie des réserves des organes souterrains qui, comparés à ceux des plantes restées en serre chaude, ont un aspect grêle et sont moins riches en matière sèche. Il en résulte que la racine d'une plante en rosette renferme une quantité d'azote soluble double de celle que contient la racine d'une plante en fleurs, les quantités d'azote protéique, dans les deux cas, étant respectivement entre elles dans le rapport de 9 à 5. Cependant il faut remarquer que c'est dans les racines des plantes en fleurs que le rapport NP/NS est le plus grand : elles sont donc plus riches en azote protéique qu'en composés solubles, ceux-ci étant évacués rapidement vers la hampe florale.

La teneur en azote protéique des feuilles des plantes non vernalisées est élevée; leur teneur en azote soluble n'est guère supérieure à celle

trouvée pour les racines : d'où l'augmentation de NP/NS traduisant une protéogénèse intense au niveau de la rosette.

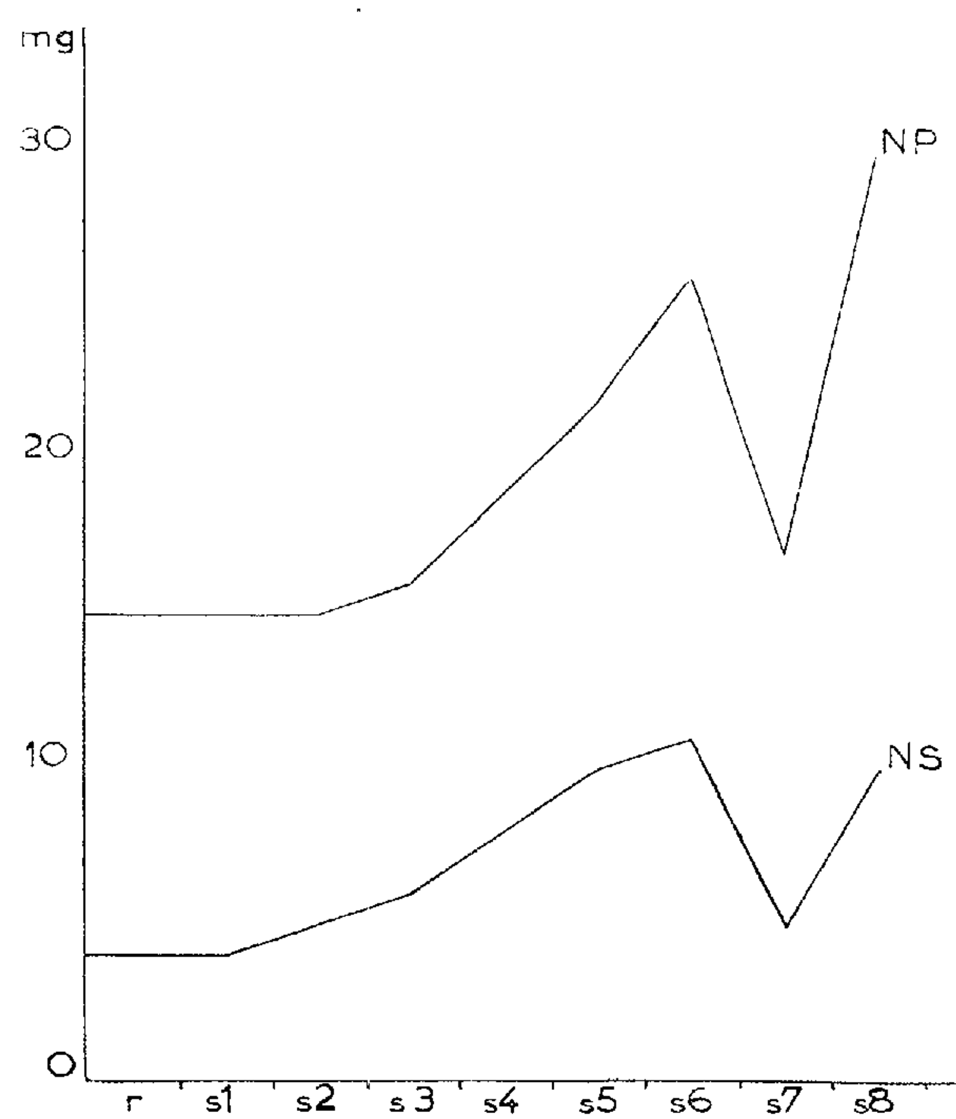


Fig. 1. — Quantités d'azote protéique (NP) et d'azote soluble (NS) dans une plante en fleurs de la base (r) au sommet (s_8).

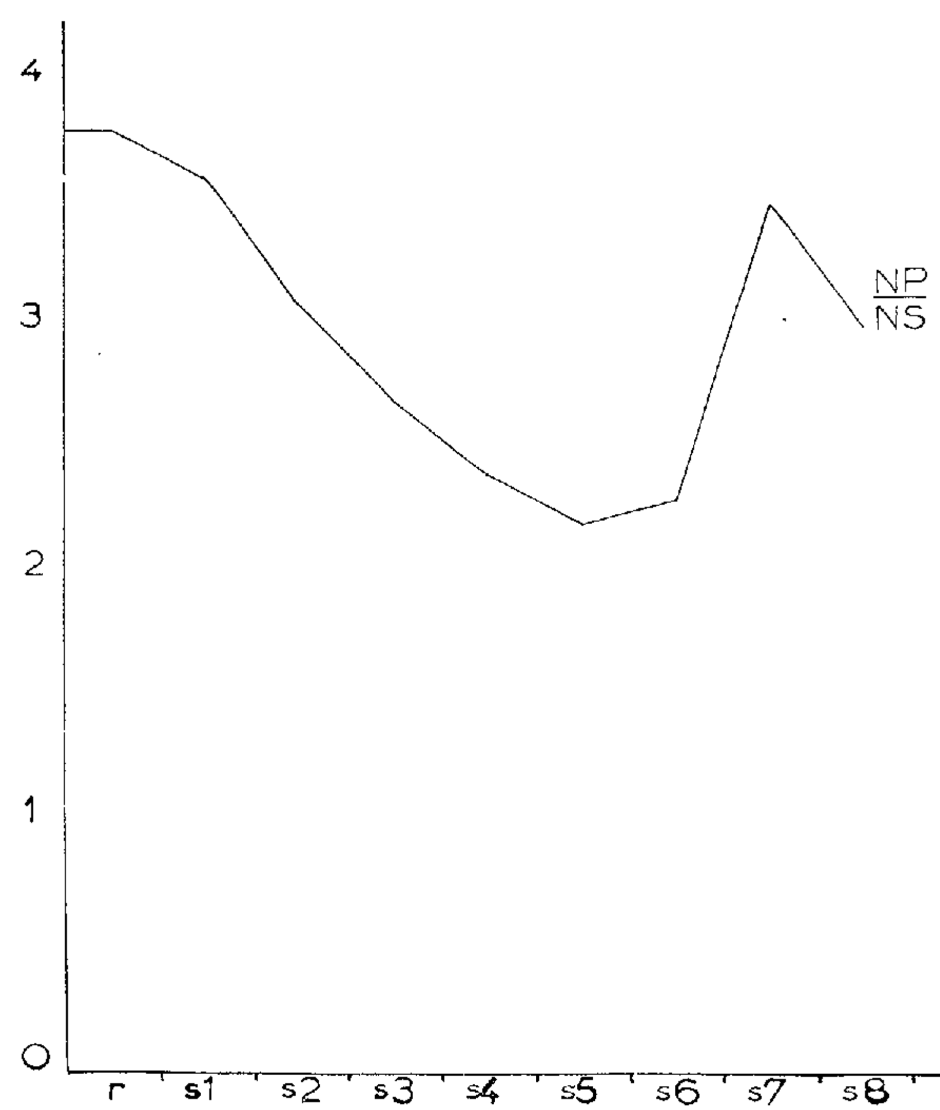


Fig. 2. — Valeurs du rapport $\frac{NP}{NS}$ dans une plante en fleurs de la base (r) au sommet (s_8).

Dans la hampe florale, la teneur en azote protéique, du collet au sommet de l'inflorescence, augmente régulièrement : entre s_1 et s_5, elle double, et au sommet elle est presque triple de sa valeur au niveau du collet. La courbe de la figure 1 n'est pas aussi régulière, car la matière sèche contenue dans s_7 est égale à la moitié de celle contenue en s_1 ; cependant s_8, formé par l'inflorescence, est plus riche en matière sèche que s_7 ; ceci explique la chute des courbes au niveau de s_7 et leur remontée terminale. NP/NS décroît jusqu'en s_5 ; l'azote soluble venant de la racine s'accumule, mais, entre s_6 et s_7, la courbe se redresse : il y a protéogénèse active dans les fleurs et les boutons prêts à s'épanouir; puis, dans l'inflorescence, bien que NP augmente NP/NS diminue car il y a une forte accumulation de substances azotées solubles. Nous rejoignons ici un fait que R. Combes ([1]) a mis en évidence chez *Lilium croceum* et que nous avons retrouvé chez *Lilium regale* : une prédominance de la protéogénèse dans la fleur qui commence à s'épanouir, d'où une augmentation du rapport NP/NS entre le stade jeune bouton et le début de l'épanouissement; ici le segment s_7 pour lequel NP/NS est égal à 3,5 porte des fleurs et des boutons proches de l'épanouissement alors que le segment s_8 pour lequel le rapport NP/NS n'est plus que de 3 est formé par de très jeunes boutons.

En conclusion, le fait pour *Œnothera biennis* L. d'avoir été vernalisée modifie notablement son métabolisme et lui permet d'acquérir l'été suivant un aspect différent : les parties souterraines se vident de leurs réserves azotées au profit de la tige florifère dont la teneur en azote augmente du collet jusqu'au sommet.

([1]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1970.

BOTANIQUE. — *Sur le comportement saisonnier du Kololo* [Gilletiodendron glandulosum *(Port.) J. Léonard-Césalpiniacées*]. Note de M. **Paul Jaeger**, présentée par M. Henri Humbert.

Le Kololo est une espèce arborescente (10 à 15 m) ou buissonnante (2 à 3 m) dont l'aire de répartition, fort réduite, est à cheval sur le 13e L. N.; elle est endémique au Soudan Occidental où ses peuplements semblent rivés aux collines gréseuses du Plateau Mandingue; les plus connus sont ceux de Kita-Toukoto; là, au pied des escarpements, au fond de ravins étroits... l'arbre échappe aux actions néfastes du plus implacable de ses ennemis, le feu. Des cinq espèces de *Gilletiodendron* décrites par J. Léonard, le *G. glandulosum* est seul à occuper une aire aussi septentrionale; les autres (*G. Mildbraedii*, *G. kisantuense*, *G. Pierreanum*, *G. Escherichii*) se rencontrent plus au Sud : en Côte-d'Ivoire, au Cameroun, dans

l'Oubangui, au Gabon, au Congo Belge. Le phytogéographe ne peut être que vivement intéressé par la présence, en pleine zone soudanaise, d'un arbre qu'on considère, avec Aubréville, comme un témoin d'une époque ancienne plus humide.

A diverses époques de l'année, en saison pluvieuse (21-23 septembre), au début (28-30 novembre) et au plus fort de la saison sèche (25-27 mars), nous avons étudié le microclimat (température, humidité atmosphérique, déficit de saturation, évaporation, luminosité) dans une forêt de Kololo du massif de Kita et, comparativement, dans une formation découverte toute proche (savane). L'étude comparée des valeurs enregistrées montre qu'en toute saison la forêt jouit d'un microclimat plus tempéré que celui de la savane voisine; mais les différences saisonnières, loin d'être effacées par le couvert forestier, sont au contraire nettement accentuées : dans le sous-bois à 1,70 m, au niveau de la plantule et jusqu'à 8 cm au-dessous de la surface du sol forestier règne, en saison pluvieuse, un microclimat franchement frais et humide; en saison sèche par contre, on constate un décalage manifeste vers les températures plus élevées. Ainsi, le microclimat de ces forêts peut être considéré, dans une certaine mesure, comme la réplique atténuée du climat général.

La physionomie de ces forêts se modifie profondément d'une saison à l'autre : en saison pluvieuse, la couronne des arbres forme un couvert dense qui intercepte une grande partie des radiations thermiques et lumineuses; en conséquence, une demi-obscurité règne dans un sous-bois richement feuillé, la température y est modérée, l'hygrométrie élevée et le sol humide. C'est l'époque d'une vie végétale active : croissance, floraison, maturation des fruits, germination des graines, etc. Tout autre est l'aspect de la forêt en saison sèche : en mars-avril, à la suite de la chute d'un nombre assez important de feuilles, à la suite aussi du relèvement des folioles qui adoptent ainsi une position verticale, le dôme de verdure, considérablement éclairci, permet aux radiations lumineuses et thermiques de pénétrer largement à travers le sous-bois et jusqu'au sol. Aussi, en cette saison, la forêt, d'aspect nettement plus aride, comporte-t-elle un sous-bois plus clair et un sol plus sec parsemé de plantules dont la plupart n'ont pas dépassé le stade des feuilles primordiales.

Les deux tableaux ci-après résument les observations microclimatologiques effectuées dans les forêts de Kololo du massif de Kita.

De plus, pendant la saison sèche, en mars-avril, nous avons cherché à savoir comment le Kololo règle ses échanges hydriques. Nous avons constaté que les feuilles de la voûte aux folioles redressées, ont les stomates fermés pendant la journée (méthode d'infiltration au xylène); et ces folioles ne reviennent pas à leur position normale, même après un séjour de 12 à 24 h dans une enceinte saturée de vapeur d'eau. A cette même

époque de l'année, la perte en eau d'une feuille coupée est minime; la courbe de la déperdition présente un léger maximum le matin, pendant les heures chaudes de la journée elle dessine un plateau et une nouvelle diminution s'enregistre en fin de journée. Le déficit hydrique de la feuille est toujours élevé (26,5 % en moyenne).

Maxima et minima thermiques
enregistrés dans une forêt de Kololo du massif de Kita en saisons sèche et humide.

		Niveaux dans le sous-bois.						Niveaux au-dessous de la surface du sol.			
		1,70 m.		5 cm.		Litière.		2 cm.		8 cm.	
Dates.	Saisons.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
26 mars.....	Sèche	37°,4	25°,6	35°,8	26°,0	32°,0	26°,9	31°,0	–	29°,3	27°,1
29 nov......	» début	27,4	17,8	26,2	18,6	24,7	19,8	23,1	20°,3	22,8	21,6
22 sept......	Humide	29,4	21,6	27,8	22,0	25,8	22,6	–	–	24,9	23,5

Étude comparée, en saisons sèche et humide, de divers facteurs microclimatiques,
effectuée en forêt de Kololo et en station découverte voisine.

	Forêt (sous-bois) à 1,70 m.		Savane à 1,70 m.	
Facteurs microclimatiques.	Septembre.	Mars.	Septembre.	Mars.
a. Humidité relative (valeurs minima)..	69 %	15 %	60 %	9 %
b. Déficit de saturation hygrométrique (valeurs maxima)...............	9,6 mm	41,2 mm	14,6 mm	58,0 mm
c. Évaporation (en cm^3 par 24 h)......	1,9	9,4	2,9	12,5
d. Température (valeurs maxima)......	29°,4	37°,4	32°,6	42°,2
e. Intensité lumineuse (en lux entre midi et 15 h)......................	50	100	4 à 5 000	

Ces observations et expériences montrent qu'en mars-avril notre arbre est en état de vie ralentie; il semble donc remarquablement adapté à la saison chaude. Si donc le Kololo est une espèce relique d'une époque ancienne plus humide, celle-ci devait déjà comporter une saison sèche particulièrement rigoureuse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Alcaloïdes des Voacanga : structure de la voacamine.* Note de MM. **Robert Goutarel**, **François Percheron** et **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Marcel Delépine.

La voacamine $C_{45}H_{56}O_6N_4$, alcaloïde di-indolique s'apparente pour moitié à la voacangine par l'obtention de méthyl-3 éthyl-5 pyridine par fusion potassique et par décarboxyméthylation après saponification suivie d'hydrolyse acide. L'autre moitié comporte $N - CH_3$. L'obtention de triméthylamine et de CO_2 par pyrolyse dans le vide s'interprète par l'enchaînement $H_3COOC-C-C-N(CH_3)-C-C-C-C-COOCH_3$.

Cinq alcaloïdes cristallisés ont été retirés jusqu'à présent ([1]) du genre *Voacanga* et en particulier de l'espèce *Voacanga Africana* Stapf. L'un de ceux-ci, la voacangine est une carbométhoxy-ibogaïne ([2]), les autres bases : voacamine, voacaminine, voacorine et vobtusine, doivent être considérées comme des « molécules doublées », type de structure déjà signalé à propos de la geissospermine ([3]) ou de certains alcaloïdes des curares ([4]).

La voacamine, d'après de nouvelles analyses, répond à la formule brute $C_{45}H_{56}O_6N_4$ (calculé %, C 72,16; H 7,54; N 7,48; O 12,82; trouvé %, C 72,30, 72,2, H 7,60, 7,3; N 7,83, 7,8; O 12,2). Elle possède trois OCH_3; calculé %, 12,42; trouvé %, 12,87, 12,6, 12,6; un NCH_3; calculé %, 2,00; trouvé %, 2,57, et quatre hydrogènes mobiles : calculé %, 0,52; trouvé % 0,57.

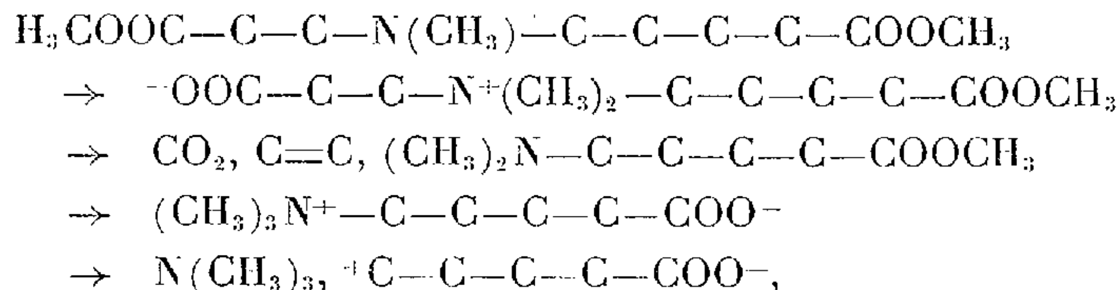
Le dosage potentiométrique révèle un poids moléculaire de 734 (calculé 748,9) avec deux atomes d'azote basiques : pK 5,45 et 7,14. Le spectre ultraviolet max. $\lambda_{m\mu}$ 225, (log ε 4,59); $\lambda_{m\mu}$ 295, (log ε 4,16) est le résultat de la sommation de deux chromophores indoliques dont l'un est du type de l'ibogaïne (méthoxy-5 indole). Le spectre infrarouge présente, en suspension dans le nujol, deux fortes bandes C = O entre 5,8 et 5,9 μ correspondant vraisemblablement à deux groupes esters méthyliques. Ces deux bandes se fondent en une seule vers 5,8 μ lorsque le produit est en solution dans le tétrachlorure de carbone; enfin la voacamine est homogène à la chromatographie sur papier et sur alumine, ainsi qu'à l'électrophorèse sur papier.

Une partie de la molécule de la voacamine s'apparente à la voacangine; en effet : la fusion potassique permet d'isoler, outre des produits indoliques à l'étude, de la méthyl-3 éthyl-5 pyridine, caractérisée sous forme de picrate F 192° : $C_{14}H_{14}O_7N_4$, calculé %, C 48,00; H 4,03; N 16,00; trouvé %, C 48,1; H 4,2; N 16,3.

Lors de la saponification, réalisée dans les conditions qui ont permis de transformer la voacangine en ibogaïne par décarboxyméthylation, l'acide intermédiaire peut être isolé sous forme de sel de potassium, dont le spectre infrarouge présente une bande COO^- dans la région de 6,3 μ. Ce sel de potassium, dissous dans l'acide chlorhydrique 2 *n*, se décarboxyle vers 80° et conduit à un nouveau dérivé basique isolé sous forme de chlorhydrate cristallisé $C_{42}H_{50}O_3N_4$, 2 ClH (calculé %, C 68,93; H 7,16; N 7,66; Cl 9,69; trouvé %, C 68,4, 68,6, 68,8; H 7,5, 7,2, 7,3; N 7,6, 7,6; Cl 9,4, 9,7). Ce produit ne possède plus qu'un seul groupe OCH_3 (calculé %, 4,24; trouvé %, 3,91, 4,9), mais a conservé un groupe NCH_3 (calculé %, 2,05; trouvé %, 2,48). La saponification conduit donc à un diacide avec perte de 2 OCH_3; l'un des deux carboxyles est éliminé facilement en milieu acide, comme dans le cas de la voacangine, alors que le second carboxyle donne sans doute une lactone, comme l'indique le bilan de l'opération avec l'élimination d'une molécule d'eau. Le spectre infrarouge de ce dérivé comporte une bande C = O vers 5,9 μ

qui peut correspondre à une δ-lactone. Le spectre ultraviolet est par contre inchangé, ce qui démontre que le chromophore n'est pas modifié par une conjugaison, le méthoxyle encore présent dans la molécule étant celui en position 5 d'un indole. Cette réaction précise la nature de l'un des atomes d'azote basique dont le pK est très voisin de celui de la voacangine (5,45); cet atome d'azote tertiaire correspond à la méthyl-éthyl pyridine obtenue par fusion potassique, et sa basicité est influencée par le voisinage d'un groupe ester méthylique.

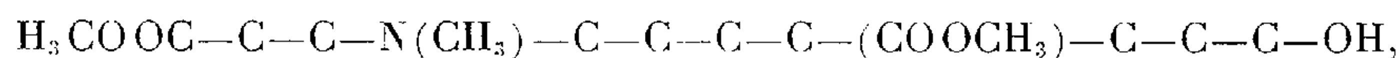
La nature du second atome d'azote basique est mise en évidence lors de la pyrolyse de la voacamine. Cette opération, due à M. Chaigneau, est conduite dans un appareil dans lequel le vide est réalisé à l'aide d'une trompe à mercure; les gaz formés sont recueillis sur une cuve à mercure. A une température voisine du point de fusion (220-240°) la voacamine donne *stœchiométriquement* une molécule de CO_2 et une molécule de triméthylamine. Cette dernière a été caractérisée sous forme de picrate F 223° (corrigé) $C_9H_{12}O_7N_4$, calculé %, C 37,5; H 4,2; N 19,4; trouvé %, C 37,8; H 4,1; N 19,0. Cette triméthylamine correspond à l'atome d'azote basique (pK 7,14) tertiaire contenu dans la molécule, car on obtient encore de la méthyl-3 éthyl-5 pyridine par fusion potassique du résidu de pyrolyse. La formation de triméthylamine et de CO_2 peut s'interpréter d'après ce que l'on sait du comportement des esters d'amino-acides N-dialcoylés selon R. Willstätter ([5]). Dans le cas de la voacamine, il s'agit d'un diester méthylique comportant un enchaînement tel que le groupe tertiaire NCH_3 peut dans les conditions de la pyrolyse subir une double bétaïnisation irréversible avec élimination de l'azote. Cette réaction peut s'écrire



$$\begin{aligned}&H_3COOC{-}C{-}C{-}N(CH_3){-}C{-}C{-}C{-}C{-}COOCH_3\\ &\rightarrow\ {}^-OOC{-}C{-}C{-}N^+(CH_3)_2{-}C{-}C{-}C{-}C{-}COOCH_3\\ &\rightarrow\ CO_2,\ C{=}C,\ (CH_3)_2N{-}C{-}C{-}C{-}C{-}COOCH_3\\ &\rightarrow\ (CH_3)_3N^+{-}C{-}C{-}C{-}C{-}COO^-\\ &\rightarrow\ N(CH_3)_3,\ {}^+C{-}C{-}C{-}C{-}COO^-,\end{aligned}$$

ce dernier enchaînement conduisant à une δ-lactone.

En effet, le spectre infrarouge du résidu (non cristallisé) de la pyrolyse montre vers 5,9 μ une bande d'absorption C=O pouvant convenir à une δ-lactone. Ce spectre infrarouge a, d'autre part, une grande analogie avec celui du produit obtenu par saponification et hydrolyse acide de la voacamine, dans lequel il semble s'être aussi formé une lactone, mais sans départ du groupe NCH_3. En couplant ces deux réactions, et en admettant que les deux lactones, en plus du même groupe COO, ne possèdent qu'un seul atome de carbone commun, on peut écrire l'enchaînement :



$$H_3COOC{-}C{-}C{-}N(CH_3){-}C{-}C{-}C{-}C{-}(COOCH_3){-}C{-}C{-}C{-}OH,$$

comme existant vraisemblablement dans la molécule de la voacamine. Le

spectre ultraviolet du résidu de pyrolyse [max, $\lambda_{m\mu}$ 300-305, (log ε 4,33)] montre un effet bathochrome et hyperchrome par rapport au produit de départ, indiquant que la double liaison qui s'est formée est conjuguée à l'un des chromophores indoliques.

De l'ensemble de ces réactions, il résulte que :

— les deux atomes d'azote non basiques appartiennent à deux groupes indoles;

— les deux atomes d'azote basiques tertiaires sont l'un, faiblement basique, dans un cycle pipéridique, et dans la même position que dans la voacangine et l'ibogaïne; l'autre plus fortement basique est porteur d'un groupe méthyle;

— des six atomes d'oxygène, l'un correspond à une fonction alcool, un autre à un OCH_3 en position 5 dans un indole, et les quatre autres appartiennent à deux groupes esters méthyliques.

Ces résultats permettent d'établir des formules de travail satisfaisantes, en s'appuyant sur les hypothèses biogénétiques habituelles. Dans ces formules, nous admettons que la moitié de la molécule est du type voacangine (le groupe ester méthylique devant être placé maintenant en α de l'indole), l'autre moitié renfermant le groupe NCH_3 qui peut être placé dans la position « tryptamine » par rapport au second indole.

(1) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1719 et 1800; **242**, 1956, p. 2981.

(2) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 986.

(3) A. Bertho et H. F. Sarx, *Liebig's Ann.*, 556, 1944, p. 22; K. Wiesner, W. Rideout et J. A. Manson, *Experientia*, **9**, 1953, p. 369.

(4) W. V. Philipsborn, H. Schmid et P. Karrer, *Helv. Chim. Acta*, **39**, 1956, p. 913.

(5) *Ber.*, **35**, 1902, p. 597 et **37**, 1904, p. 401.

PHYSIOLOGIE. — *La repolarisation du myocarde au cours de l'hypothermie chez trois espèces de Mammifères : Cobaye, Spermophile* (Citellus citellus) *et Rat blanc*. Note de MM. **Édouard Coraboeuf**, **Charles Kayser** et **Yves-Michel Gargouïl**, présentée par M. Léon Binet.

J. J. Osborn (1) a décrit récemment une onde qui apparaît précocement (dès la fin du complexe QRS) sur les tracés électrocardiographiques du Chien en hypothermie. Il attribue cette onde à des phénomènes asphyxiques. A. G. Richards, E. Simonson et M. B. Visscher (2) observent une onde analogue chez des espèces à cœur très rapide. Dans une Note précédente, nous avions discuté la signification fonctionnelle de l'onde lente de l'électrocardiogramme (E. C. G.) de Rat à température normale, et nous avions pensé qu'une étude des modifications du décours de cette onde, en fonction de la température, pourrait nous renseigner sur la nature de cet accident. Nous

avons donc, dans le présent travail, effectué de nouveau l'enregistrement parallèle du E. C. G. et de l'électrogramme intracellulaire sur les mêmes espèces animales que précédemment ([3]), en faisant de plus varier la température corporelle des animaux d'expérience.

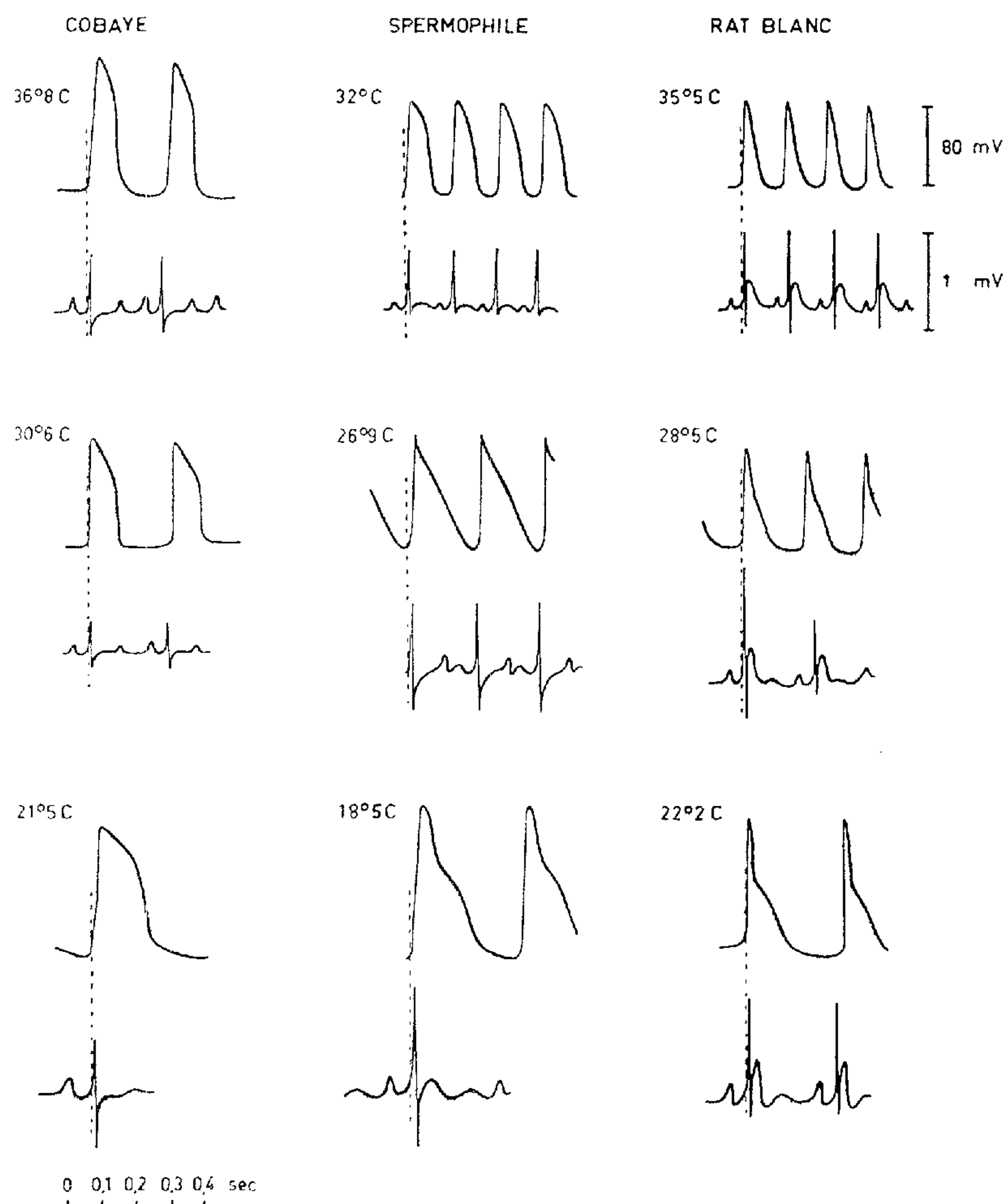
Les animaux (Cobaye, Rat blanc et Spermophile) sont anesthésiés par une injection intrapéritonéale d'uréthane (0,1 g d'éthyluréthane par 100 g de poids vif). Ils sont fixés sur un support en « Plexiglass » et plongés dans de l'eau à + 5° C environ. Après 15 mn approximativement, la température du côlon est tombée à 23° C. Les animaux sont alors retirés du bain froid; on prépare la trachée. Ils sont ensuite curarisés par une injection intrapéritonéale de « Flaxédil » (1 cm^3 de la solution à 2 % pour 100 g d'animal). On les place sous respiration artificielle au carbogène et l'on ouvre largement la cage thoracique par une section médiane du sternum. Les deux moitiés du sternum sont écartées. La cage thoracique est irriguée comme précédemment ([3]), à l'aide d'un liquide physiologique dont la température, réglable à volonté, nous a permis de recueillir le E. C. G. externe et l'électrogramme intracellulaire de la fibre myocardique pour des températures allant de 37 à 12° C.

La figure représente les tracés des E. C. G. et les électrogrammes intracellulaires superposés. Nous avons représenté les résultats obtenus entre 36,8 et 20° C environ.

La comparaison des tracés enregistrés à 36,8, 30,6 et 21,5° C chez le Cobaye montre sur le tracé du E. C. G. le ralentissement caractéristique des événements, parallèlement à l'abaissement de la température du cœur. Sur les trois tracés, l'onde T est apparente, et contemporaine de la phase descendante du plateau visible sur les tracés de l'électrogramme monocellulaire.

Chez le Rat blanc, on observe à 35,5° C un potentiel d'action et un E. C. G. dont l'allure a déjà été décrite et discutée précédemment ([3]). A des températures inférieures (28,5° C), on observe par contre un phénomène nouveau, sous la forme d'un dédoublement de l'onde lente du E. C. G., et d'un décrochement de la phase de repolarisation de l'électrogramme interne, dont le décours se rapproche alors de celui d'une fibre de Purkinje ([4]). Le potentiel d'action se compose alors d'une « pointe » plus brève que le sommet du PA enregistré à la température normale, et d'un plateau de faible amplitude, mais plus durable que celui existant entre 35 et 37° C. Ces deux phases de repolarisation, de pentes différentes, coïncident avec le double accident « lent » observé sur E. C. G. La question posée à propos du E. C. G. de Rat à 37° C se renouvelle ici : la même réponse peut y être apportée : A toute accélération de la pente de repolarisation du potentiel d'action correspond une onde sur le tracé externe, onde d'autant plus ample que la repolarisation est rapide. La signification

fonctionnelle de ces accidents n'est par contre pas évidente. Cependant, il faut noter que la « pointe » qui apparaît au cours du refroidissement ne s'allonge que très peu avec l'abaissement de température, tandis que le « plateau » qui se greffe sur la phase descendante de cette pointe, s'il



Enregistrement parallèle du E. C. G. et de l'électrogramme monocellulaire de la fibre myocardique du Cobaye, du Spermophile et du Rat blanc.

diminue d'amplitude, s'allonge cependant d'une façon notable avec l'abaissement de la température corporelle. Le phénomène se montre parfaitement réversible. Le E. C. G. de Rat à basse température ressemble de façon frappante aux tracés publiés par J. J. Osborn sur le Chien refroidi ([1]). Il est légitime de supposer que dans ce cas apparaît aussi un dédoublement du potentiel d'action monophasique. Nous proposons de nommer « Onde d'Osborn » (O) l'onde précoce du E. C. G. correspondant à la phase rapide de repolarisation, l'onde T classique correspondant

à la seconde phase de repolarisation. Aux températures normales, les deux phases précédentes se fusionnent, sans plateau intermédiaire, aux environs du sommet du potentiel d'action, ce qui conduit à une onde unique et précoce (O + T) sur l'électrocardiogramme.

Le Spermophile, sous l'effet des variations de température, a un comportement cardiaque intermédiaire entre celui du Cobaye et celui du Rat : le dédoublement apparaît en effet, mais pour des températures plus basses : nous retrouvons, lorsqu'il se manifeste, la même correspondance que ci-dessus avec les accidents du E. C. G.

Il résulte de l'ensemble des tracés : 1° qu'une onde (« onde d'Osborn ») correspond à la phase rapide de la repolarisation; 2° que l'onde T correspond au plateau — phase lente — de la repolarisation; 3° que la repolarisation du cœur en hypothermie se fait différemment chez le Cobaye, le Rat et le Spermophile.

Chez le Rat, le refroidissement provoque rapidement un décrochement marqué du décours de la repolarisation (30° C). Chez le Spermophile, ce décrochement apparaît plus tardivement (22° C). Il n'apparaît pas (jusqu'à 20° C tout au moins) chez le Cobaye.

On peut, à titre d'hypothèse de travail, penser que ces différences de tracés correspondent à des différences dans l'équipement ou le comportement métabolique du cœur des animaux étudiés.

(1) *Amer. J. Physiol.*, 175, 1953, p. 389-398.
(2) *Amer. J. Physiol.*, 174, 1953, p. 293-298.
(3) E. Coraboeuf, C. Kayser et Y.-M. Gargouïl, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1444.
(4) E. Coraboeuf et S. Weidmann, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1360.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Variations réflexes de la perspiration palmaire insensible sous l'influence des modifications indirectes de la température cutanée.* Note (*) de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La technique hygrophotographique, a permis de vérifier l'existence de variations réflexes de la circulation cutanée sous l'influence de modifications indirectes et locales de la température de la peau; ces modifications sont révélées par l'augmentation de la perspiration insensible d'une main sous l'action de la chaleur appliquée à la main opposée, ainsi que par sa diminution sous l'influence du refroidissement de l'autre main.

François-Franck (1), en enregistrant par la méthode pléthysmographique les changements du volume des organes en rapport avec les modifications de la circulation du sang dans ceux-ci, avait déjà remarqué l'existence d'une réaction réflexe de vasoconstriction dans la main sous l'action du froid appliqué à la main opposée et, par conséquent, « la diminution du volume de la main gauche, pendant qu'on soumet un instant la main droite à l'influence du froid » (2).

D. McK Kerslake et K. E. Cooper ([3]), K. E. Cooper, H. M. Ferres et R. F. Mottram ([4]) ont observé de même une réaction réflexe vis-à-vis de l'excitation thermique, en enregistrant la vasodilatation des vaisseaux de la main par exposition du tronc aux rayonnements calorifiques.

I. C. Roddie et J. T. Shepherd ([5]), J. H. Gibbon et E. M. Landis ([6]), T. Lewis et G. W. Pickering ([7]) ont constaté la vasodilatation des mains en réponse à l'immersion des membres inférieurs ou du tronc dans de l'eau chaude.

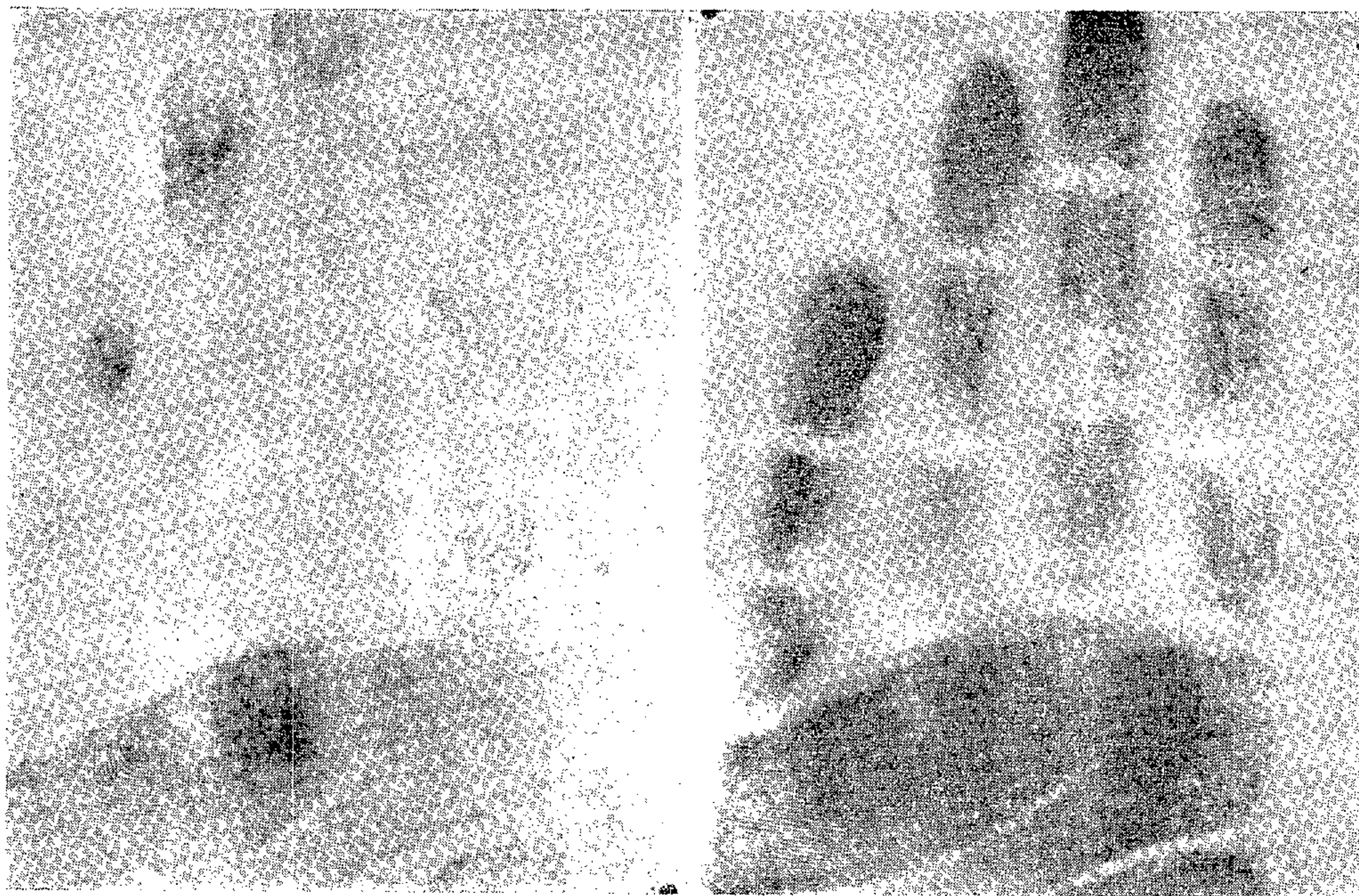


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Perspiration insensible de la main droite à l'état normal. Durée d'exposition : 30 s.

Fig. 2. — Perspiration insensible de la main droite, la main gauche étant chauffée pendant 1 mn avant et pendant 30 s au moment de l'exposition de la main droite.

On note sur la figure 2, l'augmentation considérable de la perspiration, par voie réflexe, sous l'action du chauffage de la main opposée.

Or, la perspiration insensible étant en relation étroite avec la circulation cutanée, nous avons cherché à savoir s'il existait aussi une modification réflexe de la perspiration insensible de la main, quand on modifiait localement la température cutanée de la main opposée. Dans ce but, nous avons fait une série d'expériences en enregistrant la perspiration insensible d'une main par les films hygrophotographiques, d'abord à l'état normal, puis, après avoir modifié la température cutanée de la main opposée à l'aide d'une source appropriée et nous avons constaté des modifications réflexes importantes de la perspiration.

Ces expériences ont été faites sur une quarantaine de sujets jeunes des deux sexes, dont la plupart étudiants.

Le sujet applique sa main sur un film hygrophotographique pendant un temps qui varie de quelques secondes à quelques minutes, suivant l'individu. Ensuite, il applique la main opposée sur une plaque chauffée à 45° pendant une minute et, tout en maintenant ce membre dans cette position, il applique de nouveau l'autre main sur le film hygrophotographique, pendant une durée exactement égale à celle du premier enregistrement.

En comparant les deux images successivement obtenues, nous constatons une augmentation considérable de la perspiration cutanée par voie réflexe, à la suite de l'application d'une source de chaleur sur la main opposée.

Au contraire, si l'on applique la main sur une surface refroidie à 0°, on note la diminution de la perspiration insensible de la main opposée.

(*) Séance du 12 novembre 1956.
(1) *Travaux du Laboratoire de M. Marey*, 2, 1876, p. 1.
(2) *Ibid.*, p. 41.
(3) *Clin. Sc.*, 9, 1950, p. 31 et 47.
(4) *J. Physiol.*, 131, 1956, p. 29 P.
(5) *J. Physiol.*, 129, 1955, p. 23 P; 131, 1956, p. 657.
(6) *J. clin. Invest.*, 11, 1932, p. 1019.
(7) *Heart*, 16, 1931, p. 33.

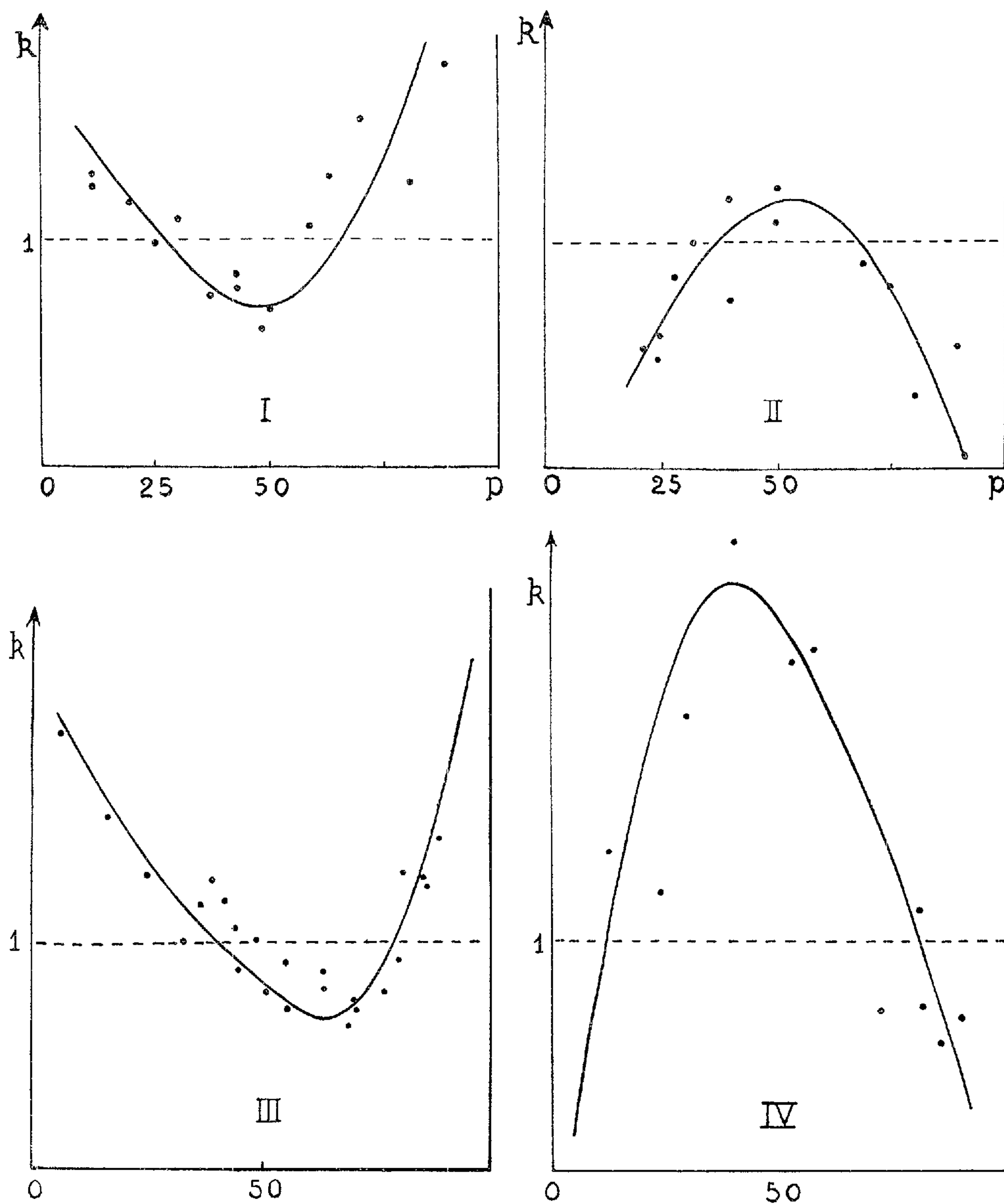
GÉNÉTIQUE. — *L'influence de la température sur l'isolement sexuel.* Note (*) de M[me] **Claudine Petit**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le degré d'isolement sexuel entre deux mutants de *Drosophila melanogaster* qui, pour une souche donnée, présente une valeur constante, varie avec la température. L'avantage donné à l'un des mutants peut donc être inversé à la suite de changements thermiques, modifiant ainsi la direction de l'évolution.

L'isolement sexuel entre mutants d'une même espèce, *Drosophila melanogaster*, est un phénomène connu et mesurable. De valeur constante entre souches génétiquement stables placées dans des conditions expérimentales identiques, il varie avec la proportion des mutants en présence (1).

L'influence de la température sur la vitesse de maturation sexuelle étant bien connue, on pouvait penser qu'elle agissait aussi sur l'isolement sexuel. Le mutant « *white* » (œil blanc), très sensible à la température, et son allélomorphe « *sauvage* » ont été utilisés pour cette étude. Les expériences de sélection, faites suivant une méthode déjà exposée ici-même (2), ont été poursuivies aux températures de 15, 20, 25, 29° C. Dans tous

les cas, les individus étaient mis en expérience sitôt atteinte la maturité sexuelle.



Abscisse : Fréquence des mâles *white* (p). *Ordonnée* : Coefficient d'isolement (K).
Courbe I : 15°. Courbe II : 20°. Courbe III : 25°. Courbe IV : 29°.

Si l'on définit le coefficient d'isolement sexuel comme la probabilité pour une femelle d'être fécondée par un mâle mutant ou sauvage et que :
p soit la fréquence des mâles « *white* » dans la population de mâles;
q celle des mâles « *sauvage* »;

P la fréquence des femelles fécondées par un mâle « *white* »;
Q celle des femelles fécondées par un mâle « *sauvage* »,

$$K = \frac{P}{Q}\frac{q}{p}.$$

La représentation graphique du phénomène obtenu en portant p en abscisse, K en ordonnée permet de voir :

1° que la température agit sur le degré d'isolement sexuel;

2° que cette action est discontinue et fort complexe : Au lieu d'obtenir des courbes à maximum ou minimum dont le maximum s'élève ou s'abaisse avec la température, on trouve une alternance de courbes à minimum et maximum. L'interprétation de ce phénomène demeurera impossible tant que les causes de la variation du coefficient en fonction des génotypes en présence seront inconnues.

L'avantage donné à l'une des formes, lors de la compétition sexuelle, n'est donc pas une caractéristique de la souche. Il se peut que les déplacements d'équilibre présentés par certaines populations, après des saisons à température exceptionnellement élevée ou basse, soient dus, non seulement à une plus ou moins grande résistance des formes en présence, mais aussi à une modification du type de sélection sexuelle.

(*) Séance du 12 novembre 1956.
(1) C. Petit, *Bull. biol.*, 85, n° 4, 1951, p. 392-418.
(2) C. Petit, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2482; *Bull. biol.*, 88, n° 4, 1954, p. 435-443.

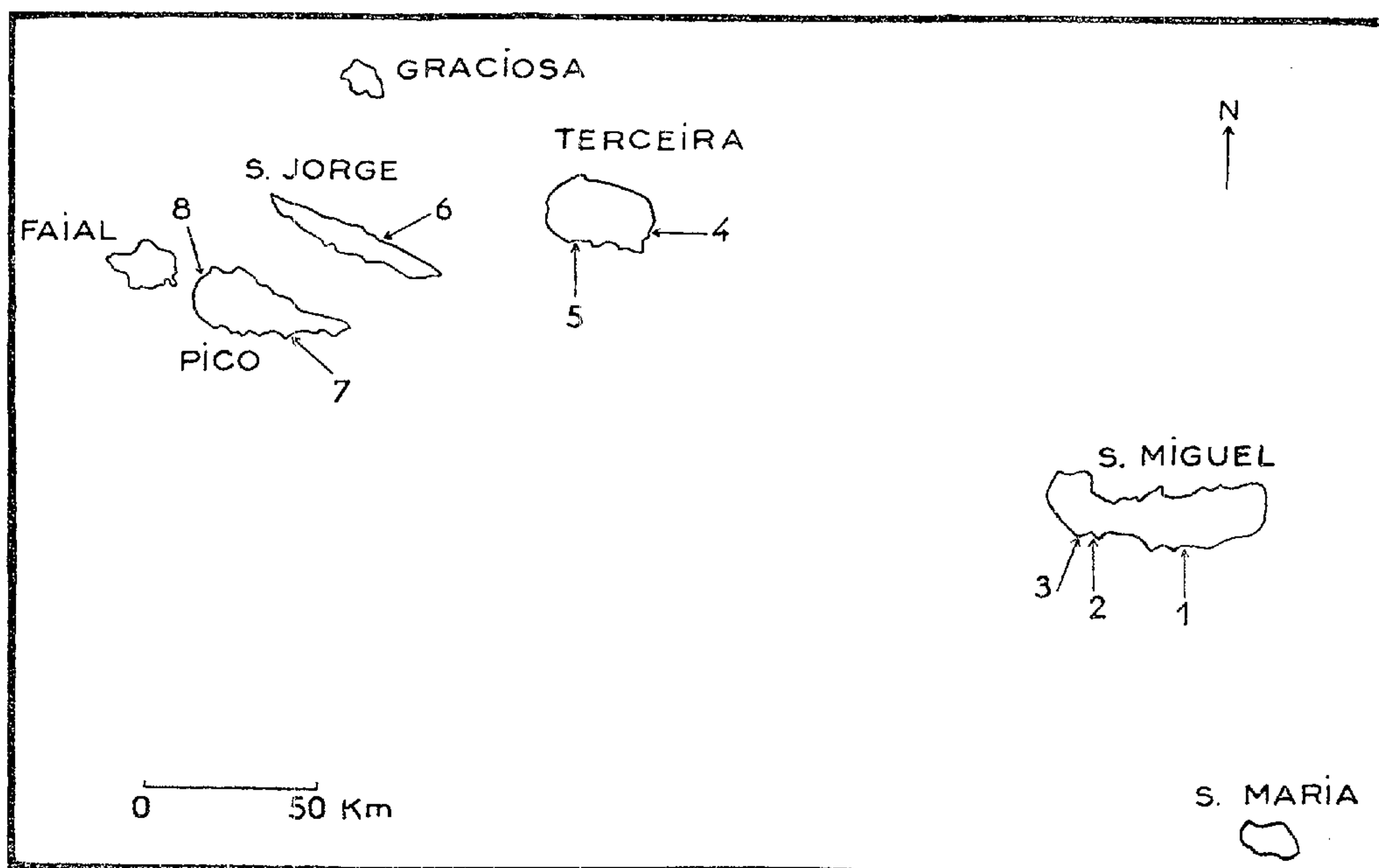
GÉNÉTIQUE. — *Étude de populations de* Sphæroma serratum *sur les côtes de l'archipel des Açores*. Note (*) de M. **Henri Hoestlandt**, présentée par M. Louis Fage.

Sur les côtes des îles açoréennes, les populations de *Sphæroma serratum* sont pauvres en mutants. *Ornatum* et *Aurantiacum* manquent malgré des conditions écologiques apparemment favorables. *Signatum*, très rare, est limité à une seule île.

L'examen de la majeure partie des côtes européennes atlantiques (1) a permis l'étude de nombreuses populations de l'Isopode marin, *Sphæroma serratum* (Fabricius), afin de comparer la répartition des phénotypes suivants : *albicans* A, *discretum* D, *lunulatum* L, *ornatum* O, *signatum* S, *rubrum* R, *aurantiacum* Au. On pouvait se demander si les populations d'îles atlantiques lointaines apporteraient des indications nouvelles.

L'archipel des Açores, situé sous les mêmes latitudes que le Sud du Portugal (37 à 39° de latitude Nord), est à 1500 km des côtes européennes; il est formé de neuf îles étalées sur 500 km en direction Sud-Est-Nord-

Ouest. Cet archipel est sous l'influence thermique de l' « influx atlantique »; la moyenne de la température superficielle côtière de la mer atteint 18,1° C, soit un degré au-dessus de la température de l'eau de mer côtière en Algarve ([2]). *Sphæroma serratum* fut recueilli en 1887 sur une plage de l'île de Pico, à Madalena, lors de la troisième Campagne de l'*Hirondelle* ([3]); les îles méritaient donc d'être prospectées. Mais les côtes rocheuses açoréennes sont violemment battues par les vagues atlantiques, il n'existe pas de baies profondes et les amplitudes des marées sont faibles (1,40 m par vive-eau). En conséquence, les milieux écologiques favorables aux Sphéromes sont rares et très délimités, puisque l'espèce vit dans des zones rocheuses abritées, à un niveau légèrement inférieur à la marée haute de morte-eau. Les recherches effectuées sur les côtes de six îles (Santa Maria, São Miguel, Terceira, São Jorge, Pico, Faial) ont abouti à la découverte de huit stations satisfaisantes avec un total de 8 367 Sphéromes.



Sur la carte où figurent les sept îles les plus proches de l'Europe, les stations sont signalées par des numéros correspondant à ceux du tableau ci-contre. Ce tableau donne l'effectif et le pourcentage des divers phénotypes dans chaque station étudiée.

L'examen des stations et leur comparaison avec les résultats antérieurement obtenus en Europe occidentale permettent de formuler quelques conclusions générales, puis particulières. Il importe d'abord de souligner la coloration très foncée des Sphéromes des Açores, ce qui n'est pas sans

relation avec la teinte gris-noirâtre, à la fois des roches d'origine volcanique et du sable lui-même. D'autre part, le polychromatisme est peu varié, tant en types qu'à l'intérieur des types; ceci n'est qu'une application, à l'échelon racial, des constatations faites par de nombreux auteurs à l'échelon spécifique ou générique ([4]). Les populations des îles étudiées divergent peu les unes des autres, malgré les distances qui séparent ces îles (150 km entre São Miguel et Terceira); on serait porté à croire que les Açores ont été peuplées à partir d'une souche commune et que la similitude des conditions écologiques n'a pas favorisé l'apparition et l'adaptation d'autres races.

Stations.	Effectif.	A.	D.	L.	S.	R.
1. Villa Franca do Campo.....	1602	4,4	72,9	12,0	–	10,4
2. Rosto do Cão.............	887	8,2	65,2	16,0	–	10,5
3. Ponta Delgada............	1116	1,5	57,8	23,2	–	17,2
4. Porto Martins.............	910	6,4	63,4	12,9	0,6	16,5
5. São Matheus..............	1073	1,1	53,9	1,5	0,5	42,7
6. Caldera de Santo Cristo....	1032	3,3	63,4	3,2	–	30,0
7. Lajes.....................	1133	0,3	71,0	6,9	–	21,6
8. Madalena.................	634	0,9	34,5	–	–	64,5

L'examen de chacun des types permet d'autres conclusions. A est constant mais peu fréquent. D est abondant et L est normal. Pour ces deux types, quelques stations montrent de rares animaux avec taches jaunâtres (fréquence toujours inférieure à 2 %). O et Au manquent; leur absence ne peut s'expliquer par un climat trop froid, ce qui est le cas de certaines côtes européennes. S a été trouvé dans une seule île où il est rare (12 exemplaires) et uniquement représenté sous l'aspect de *Pseudosignatum*; sur les côtes européennes, S manque le long des côtes battues; sa rareté est donc compréhensible aux Açores.

Peut-on expliquer l'introduction de *Sphæroma serratum* aux Açores ? Cette espèce, d'origine lusitanienne, est localisée sur les côtes occidentales d'Europe et d'Afrique entre le Nord-Ouest de l'Irlande ([5]) et Port-Étienne ([6]); elle manque sur les côtes américaines. D'autre part, les Açores sont presque uniquement peuplées d'animaux cosmopolites, européens ou nord-africains, les espèces américaines y sont très rares ([7]) ; le climat açoréen est d'ailleurs plus proche de celui des côtes portugaises que de celui des côtes américaines. Il semble évident que l'introduction de *Sphæroma serratum* aux Açores ne peut être contemporaine, car ces îles sont très éloignées du continent européen, et les courants marins superficiels (« influx atlantique ») dirigés du Sud-Ouest vers le Nord-Est s'opposent à tout transport naturel par épaves flottantes. L'hypothèse, émise par R. Jeannel ([8]), d'une liaison récente, peut-être postglaciaire, entre les Açores et le continent européen occidental permettrait de comprendre

l'existence des populations actuelles des Sphéromes açoréens; on pourrait même ajouter que l'absence des deux mutants considérés comme les plus thermophiles (O, Au) s'expliquerait par une liaison nordique (Irlande ?) ou par une liaison lusitanienne en une période plus froide que l'epoque actuelle.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) C. Bocquet, C. Levi et G. Teissier, *Arch. Zool. Exp.*, **87**, 1951, p. 245-297; H. Hoestlandt et G. Teissier, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 667; H. Hoestlandt, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1052; **238**, 1954, p. 2360; **240**, 1955, p. 916; **243**, 1956, p. 1561.

(2) Renseignements communiqués par M. J. Agostinho, Directeur de l'Office Météorologique des Açores.

(3) A. Dollfus, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **13**, 1888, p. 35-46.

(4) *Soc. Biogéogr.*, Mém. **8**, 1946, 500 pages.

(5) H. Hoestlandt, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1052.

(6) Th. Monod, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **55**, 1930, p. 489-501.

(7) Th. Barrois, *Catalogue des Crustacés marins recueillis aux Açores*, Lille, 1888, 110 pages; *Soc. Biogéogr.*, 8, 1946, 500 pages; G. Chapman et R. P. Dales, *Ann. Magaz. Nat. Hist.*, **12**, **7**, 1954, p. 673-683.

(8) R. Jeannel, *Soc. Biogéogr.*, Mém. **8**, 1946, p. 59-65.

RADIOBIOLOGIE. — *Influence des facteurs nutritifs sur la survie de* Serratia indica *après irradiation* γ (1). Note (*) de Mlle **Sylvie Davydoff**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On compare, après irradiation γ, le taux de survie de *S. indica* quand la bactérie est ensemencée sur milieu nutritif complet et sur milieu synthétique simple.

G. E. Stapleton, A. J. Sbarra et A. Hollaender (2) ont montré que si on cultive après irradiation X des bacilles de la souche *Escherichia coli* B/r sur différents milieux gélosés, la survie est plus élevée en présence de certains facteurs nutritifs. Le rôle de ces facteurs est plus ou moins important selon le milieu sur lequel les bactéries ont été cultivées avant irradiation.

Ces auteurs concluent que dans leurs expériences les processus de restauration seraient en rapport avec la synthèse de nouveaux enzymes et que les bacilles cultivés sur milieux nutritifs complets perdent temporairement après irradiation la faculté de s'adapter à des milieux synthétiques pauvres.

Nous avons essayé de voir si nous obtenions des résultats analogues avec *Serratia indica*, petit bacille mobile, gram négatif, de la famille des Pseudomonadacées.

La technique employée pour la préparation de la suspension bactérienne et son irradiation a été exposée dans une Note précédente (3).

Le rayonnement γ utilisé a été celui de l'iridium 192 (énergie

moyenne 0,4 MeV). L'intensité d'irradiation, qui est sans influence sur le taux de survie, a varié entre 100 et 70 r/mn, puis entre 950 et 700 r/mn.

Les milieux de culture employés sont les suivants :

Milieu D.	
ClK	0,20 g
$SO_4Mg, 2H_2O$	0,20 g
NO_3NH_4	0,30 g
Glycérophosphate de Na	1 g
Eau « permutée », q. s. p.	100 ml

Bouillon nutritif.	
Extrait de viande « Liebig »	0,5 g
Peptone	1 g
ClNa	0,5 g
Eau « permutée », q. s. p.	100 ml

Nous avons ensemencé sur ces deux milieux des germes provenant d'une culture de 24 h d'une *S. indica* conservée depuis plusieurs mois par repiquage uniquement sur milieu D. Les courbes de croissance obtenues montrent une phase de latence plus courte en bouillon nutritif qu'en milieu D. Ce dernier n'apporte donc pas sous une forme directement utilisable tous les éléments nécessaires à la multiplication de *S. indica.*

Dans une première série d'expériences, nous avons utilisé un germe accoutumé depuis plusieurs mois à croître sur milieu D; après irradiation, *S. indica* était ensemencée sur milieu gélosé à 1,5 % préparé soit avec du bouillon nutritif, soit avec le milieu D (tableau I).

Dans une deuxième série d'expériences, nous nous sommes servi d'un germe n'ayant encore jamais passé sur milieu D. Pour l'irradiation, il était mis en suspension comme dans les expériences précédentes, et après irradiation ensemencé sur gélose D et gélose nutritive (tableau II).

TABLEAU I.

Doses en rad.	% de survie sur gélose D.	% de survie sur gélose bouillon.
3 050	$2,7.10^1$	$2,5.10^1$
3 580	$2\ .10^1$	$2,6.10^1$
6 690	5,5	4,9
9 550	1,1	$6,5.10^{-1}$

TABLEAU II.

Doses en rad.	% de survie sur gélose D.	% de survie sur gélose bouillon.
1 810	$3,6.10^1$	$4,0.10^1$
7 800	2,8	2,7
9 360	$8,8.10^{-1}$	$7,2.10^{-1}$
11 750	$3,5.10^{-1}$	$3,7.10^{-1}$
12 360	$9,2.10^{-1}$	$6,2.10^{-1}$
18 900	$4,0.10^{-3}$	$2,8.10^{-3}$

Nous pensons que les résultats obtenus ne permettent pas de conclure à une différence significative de la survie en ce qui concerne ces deux milieux. Il est à souligner que ces faits ne contredisent pas ceux trouvés par les auteurs américains puisque nous nous sommes servis d'un germe différent de celui qu'ils avaient employé et que le bouillon nutritif utilisé ici n'apporte peut-être pas les éléments nécessaires à la restauration de la bactérie. Mais il nous semble qu'on peut conclure de ces expériences que les systèmes enzymatiques nécessaires à l'adaptation de *S. indica* au

milieu synthétique simple que nous avons utilisé ne sont pas préférentiellement touchés par l'irradiation.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) Travail effectué avec la collaboration technique de Mme G. Ducatez.

(2) *J. Bact.*, 70, 1955, p. 7.

(3) Séance du 29 octobre 1956.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hydrolyse trypsique du lysozyme d'œuf de poule. Séparation par chromatographie sur colonne et analyse des peptides de l'hydrolysat.* Note de M. **Pierre Jollès** et Mlle **Jacqueline Thaureaux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les acides aminés libres et les peptides obtenus par hydrolyse trypsique du lysozyme d'œuf dénaturé ou oxydé sont séparés par chromatographie sur colonne de résine échangeur d'ions « Dowex » 50 × 2 et analysés.

Pour étudier la structure chimique du lysozyme, il est nécessaire de le fractionner en un nombre restreint de peptides de longueur moyenne, faciles à séparer. L'hydrolyse acide ménagée ne se prête pas à ce genre de travail : les peptides obtenus sont trop courts pour permettre de remonter à une séquence unique contenue dans la protéine et trop nombreux pour être convenablement séparés. Par contre, les enzymes protéolytiques conviennent à cette étude, en particulier la trypsine. On sait que cet enzyme hydrolyse spécifiquement les liaisons peptidiques impliquant les groupements carboxyliques de l'arginine et de la lysine.

L'action de la trypsine « Worthington » a été étudiée sur le lysozyme « Armour » d'une part dénaturé à 100° en solution aqueuse à 5 % pendant 1 h et d'autre part oxydé par l'acide performique (1). Cette oxydation qui transforme les résidus de cystine en acide cystéique est nécessaire pour l'étude des peptides contenant cet acide aminé. La résine cationique d'acide sulfonique « Dowex 50 × 2 » retient, en effet, les peptides de la cystine alors que la chromatographie des peptides de l'acide cystéique est possible. Dans les deux cas, l'hydrolyse trypsique est effectuée sur 25 μM de protéine pendant 6 h à 37° et à pH 7,8. (Concentration en protéine : 1 %; rapport enzyme/substrat : 1/100.) L'action enzymatique est stoppée en ajustant le pH à 2,2 avec HCl 2 N et l'échantillon est chargé sur une colonne de « Dowex 50 × 2 » de 135 × 2 cm. La chromatographie est faite selon la méthode de C. H. W. Hirs, S. Moore et W. H. Stein (2). L'éluat est recueilli par fractions de 5 ml dont 0,3 ml sont utilisés pour un dosage à la ninhydrine (3).

La figure 1 montre les pics obtenus avec un rendement supérieur à 10 % par hydrolyse trypsique de 6 h à 37° du lysozyme dénaturé. Les fractions

correspondant à un pic donné sont dessalifiées sur une colonne de « Dowex 50 × 2 » de 20 × 2 cm. L'élution est faite avec NH_4OH N ou avec l'acétate d'ammonium 0,2 N. La pureté du produit obtenu est confirmée

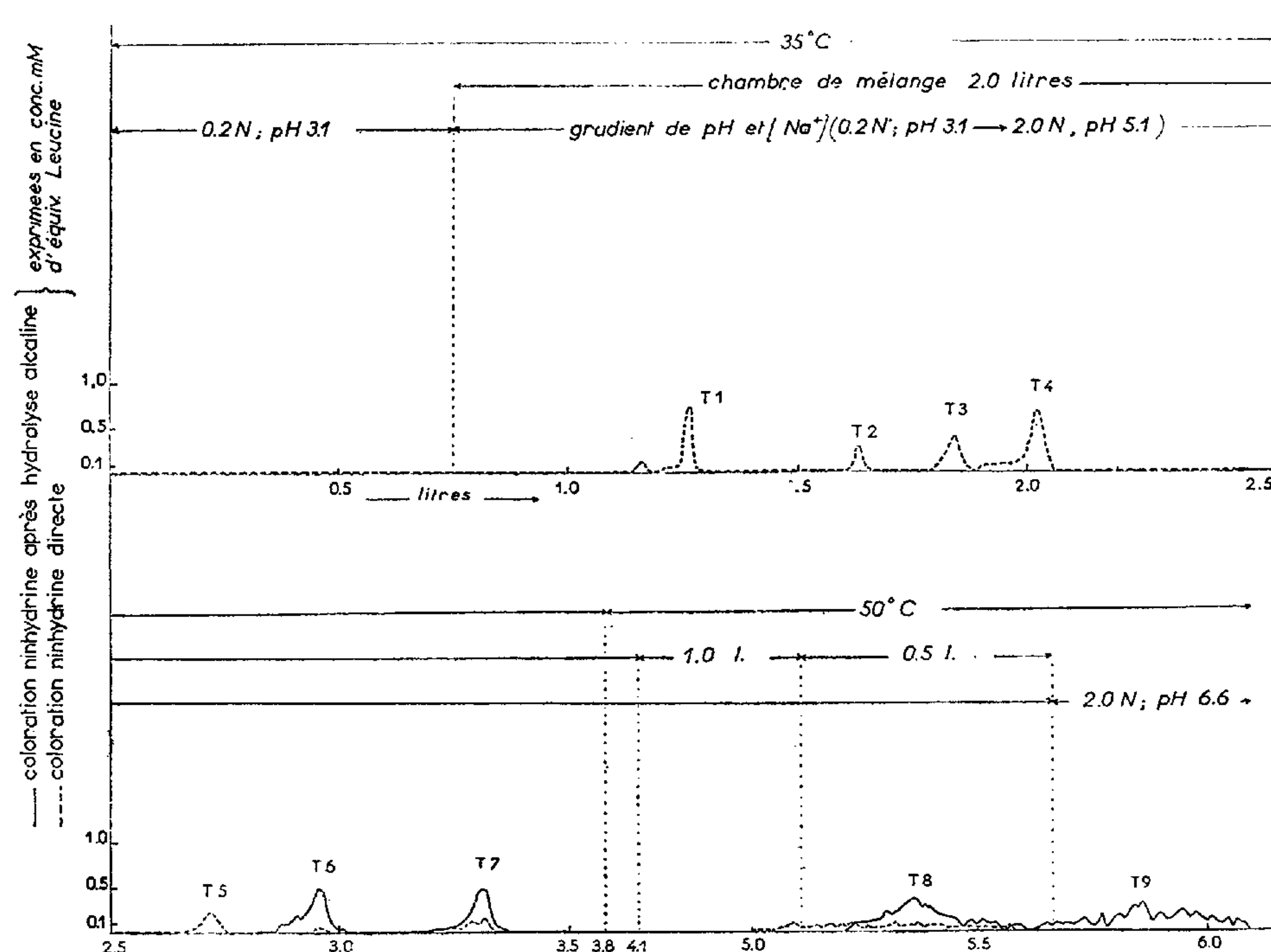


Fig. 1.

par chromatographie sur papier et par ionophorèse sur papier à deux pH différents. La composition des neuf pics obtenus est la suivante, le rendement en pour cent étant indiqué entre parenthèses :

T 1 : Leu libre (50);
T 2 : non étudié, rendement inférieur à 5 % ;
T 3 : NH_3;
T 4 : Lys libre (92);
T 5 : Arg libre (40);
T 6 : Asp_1, Arg_1 (45);
T 7 : Thr_1, Ser_1, Pro_1, Gly_1, Arg_1 (36);
T 8 : Asp_3, Ser_1, Glu_1, Gly_1, Ala_1, Leu_1, Tyr_{1-2}, His_1, Arg_1 (17);
T 9 : Asp_2, Thr_1, Ser_1, Glu_2, Ala_1, Phe_2, Arg_1 (25).

Il a été vérifié que seul T_2 contient du tryptophane [4].

La figure 2 montre les pics obtenus avec un rendement supérieur à 5 % par hydrolyse trypsique de 6 h à 37° du lysozyme oxydé par l'acide performique.

La composition qualitative des peptides $T_0$1, $T_0$2, $T_0$4, $T_0$5, $T_0$11 et $T_0$13 et la composition quantitative des autres est la suivante, les rende-

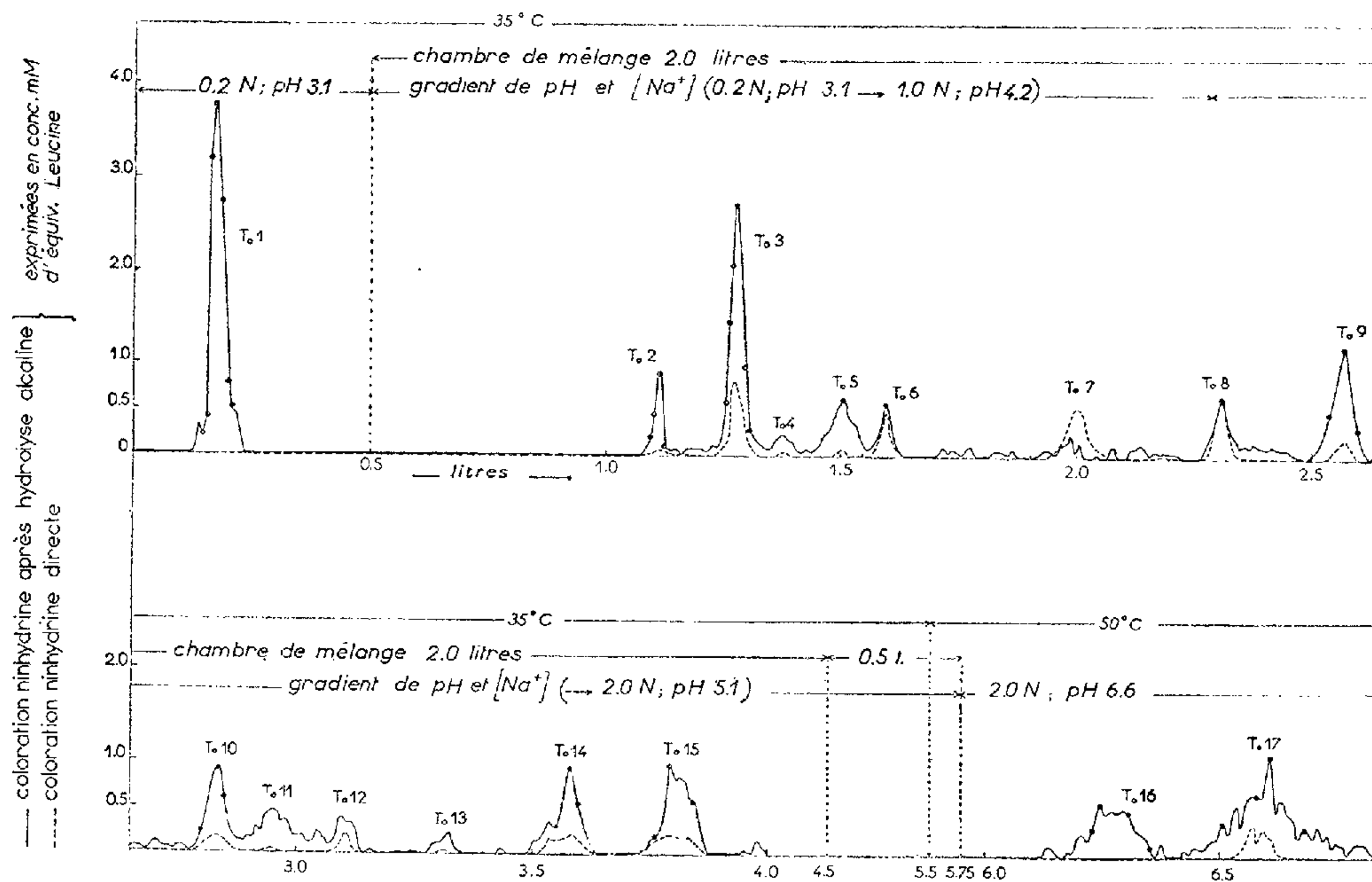


Fig. 2.

ments en pour-cent après des hydrolyses de 6 et de 24 h respectivement étant indiqués entre parenthèses :

T_0 1 : $CySO_3H$, Asp, Ser, Pro, Ala, Val, Ileu, Leu, Lys (30; 30);
T_0 2 : $CySO_3H$, Asp, Thr, Ser, Ala, Val, Ileu, Lys (6; 6);
T_0 3 : *a*. $CySO_3H_1$, Met.$O_{2\,1}$, Glu_1, Ala_3, Leu_1, Lys_1 (35 : 35); *b*. Leu libre (15; 15);
T_0 4 : $CySO_3H$, Asp, Thr, Ser, Lys (5; 5);
T_0 5 : Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ileu, Leu, Tyr (8; 10);
T_0 6 : $CySO_3H_1$, Lys_1 (35; 26);
T_0 7 : NH_3;
T_0 8 : Lys libre (78; 92);
T_0 9 : $CySO_3H_1$, Gly_1, Leu_1, Arg_1 (58; 64);
$T_0$10 : $CySO_3H_1$, Met.$O_{2\,1}$, Glu_1, Ala_3, Leu_1, Lys_1, Arg_1 (17; 30);
$T_0$11 : Asp, Thr, Ser, Glu, Gly, Ileu, Leu, Tyr, Arg (7; <5);
$T_0$12 : Gly_1, Val_1, Phe_1, Arg_1 (16; 27);
$T_0$13 : Asp, Ser, Arg (8; 16);
$T_0$14 : Asp_1, Arg_1 (79; 86);
$T_0$15 : Thr_1, Ser_1, Pro_1, Gly_1, Arg_1 (60; 86);
$T_0$16 : Asp_3, Ser_1, Glu_1, Gly_1, Ala_1, Leu_1, Tyr_{1-2}, His_1, Arg_1 (19; 25);
$T_0$17 : Asp_2, Thr_1, Ser_1, Glu_2, Ala_1, Phe_2, Arg_1 (25; 25).

Il a été vérifié que les peptides $T_0$8, $T_0$9 et $T_0$12 ne contiennent pas de

tryptophane. Les peptides $T_0 14$ à $T_0 17$ correspondant aux peptides T_6 à T_9 sont de ce fait également dépourvus de cet acide aminé.

Les fractions obtenues par élution de la résine en milieu alcalin n'ont pas encore été étudiées. La présente Note rend compte de la position qu'occupent dans la protéine environ 100 résidus d'acides aminés sur les 128 qu'elle comporte. L'étude actuellement en cours des peptides isolés après hydrolyse pepsique permettra de déterminer la place relative, au sein de la molécule de lysozyme, des peptides décrits dans le présent travail.

(1) V. du Vigneaud et coll., *J. Biol. Chem.*, 191, 1951, p. 309.
(2) *J. Biol. Chem.*, 219, 1956, p. 623.
(3) S. Moore et W. H. Stein, *J. Biol. Chem.*, 211, 1954, p. 893 et 907.
(4) C. E. Dalgliesh, *Biochem. J.*, 52, 1952, p. 3.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Incorporation du C^{14} fourni par du glucose dans le lyo et le desmoglycogène du foie de Rat.* Note de Mme **Marguerite Lourau** et de M. **François Meyer**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le lyo et le desmoglycogène se comportent comme deux fractions distinctes, indépendantes l'une de l'autre. Le lyoglycogène incorpore le premier le C^{14} fourni par le glucose; le desmoglycogène semble se renouveler plus rapidement; il n'est pas, comme on le pensait, métaboliquement inerte.

Dans cette Note nous avons examiné comment les deux fractions de glycogène que nous avons isolées à partir du foie de Rat (1) : glycogène libre ou lyoglycogène et glycogène lié aux protéines ou desmoglycogène incorporent le C^{14} fourni par du glucose uniformément marqué (2) donné *per os*. Nous avons choisi cette voie d'introduction et non la circulation générale parce qu'elle nous a permis d'obtenir de fortes activités spécifiques associées à des teneurs en glycogène élevées : on retrouve dans le glycogène 15 % du C^{14} administré au lieu de 1 % lorsque le glucose marqué est injecté dans la circulation générale (3), (4).

Nos conditions expérimentales sont les suivantes :

Les rats (Wistar White Hood) sont laissés à jeun pendant 48 h, puis renourris par des solutions de glucose (500 mg dans 1 cm³) données à 1 h d'intervalle. Les trois premières sont de glucose inactif, la dernière contient en plus le glucose marqué (17 μc par animal). On sacrifie les animaux à des intervalles variables; les foies sont prélevés et les deux fractions de glycogène préparées et purifiées selon (1). Le desmoglycogène a été extrait, soit par la potasse, soit par l'urée, et dans un petit nombre d'expériences par les deux méthodes appliquées à un même broyat de foie. Dans chaque expérience nous avons déterminé les poids de glycogène, leur pureté (5), leur activité spécifique. Celle-ci est mesurée sur le glycogène réduit en poudre avec un tube de Geiger à fenêtre mince. On compte un nombre

de coups suffisant pour que l'erreur statistique de comptage ne dépasse pas 1 %. On fait les corrections nécessaires (pureté, adsorption) et l'on exprime l'activité en coups par minute et par milligramme de glycogène.

Résultats. — La figure 1 représente, en coordonnées semi-logarithmiques, les variations de l'activité spécifique des deux glycogènes en fonction du temps. Les deux courbes ont des caractères communs : elles croissent

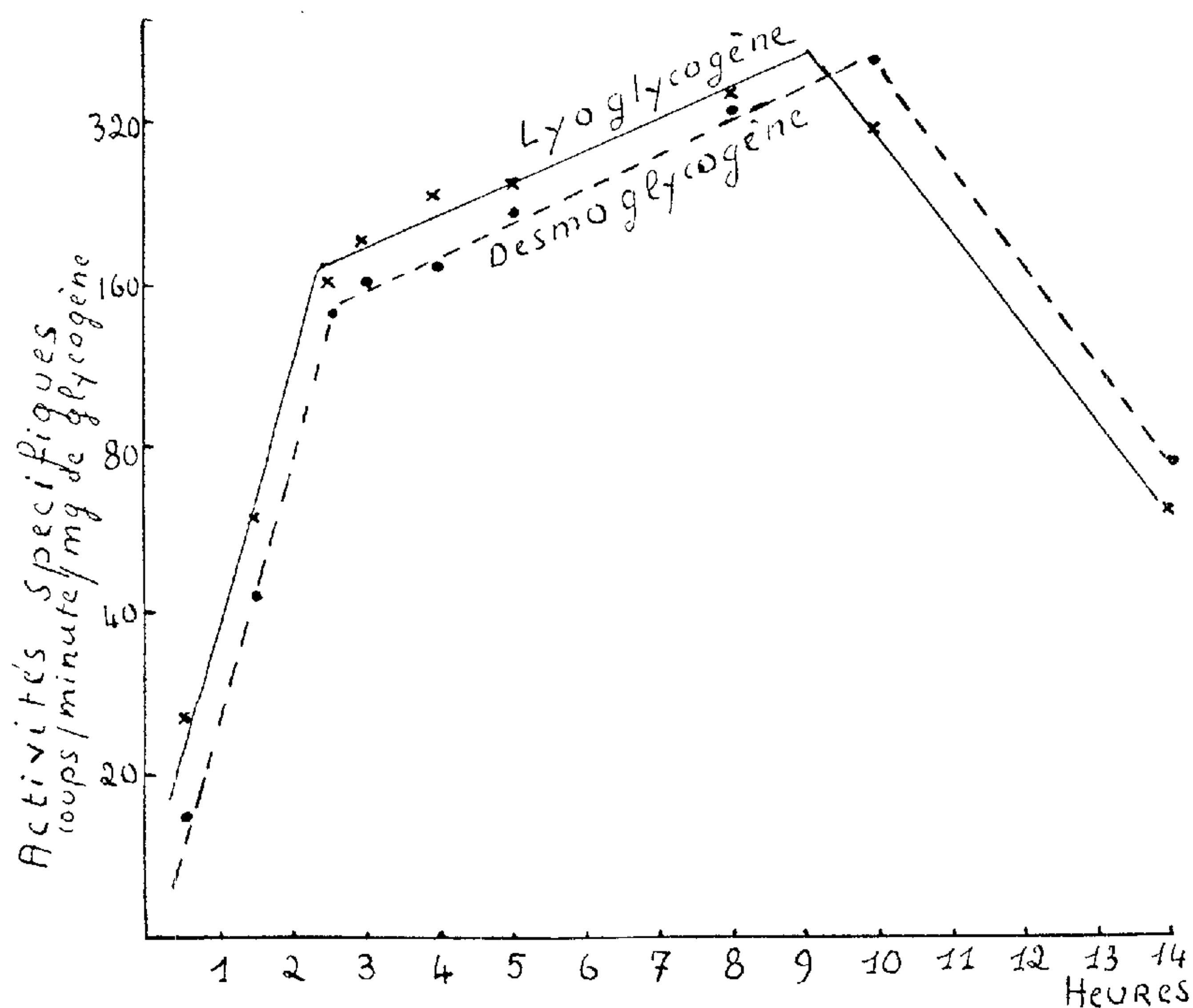


Fig. 1.

exponentiellement avec un point d'inflexion correspondant au moment où l'équilibre pondéral est atteint; les activités maxima sont voisines. Mais elles ont aussi des différences qui sont très supérieures aux erreurs d'expérience et dont on peut suivre l'évolution dans la figure 2 qui représente les variations du rapport des activités du desmoglycogène et du lyoglycogène. Tant que dure l'incorporation, c'est-à-dire jusqu'à la 8e heure, le lyoglycogène est plus actif que le desmoglycogène, que celui-ci soit extrait par l'urée ou par la potasse; puis le rapport s'inverse. Les différences d'activité sont dans tous les cas significatives. Le rapport des activités (*fig.* 2) part de valeurs très basses : 0,26 et 0,5 (10 et 30 mn), se maintient entre 0,8-0,9 jusqu'à la 8e heure, puis il s'inverse, il est de 1,31 au bout de 10 h et 1,23 au bout de 14 h.

La discussion de ces résultats, qui sera exposée ailleurs, nous a conduit à formuler les conclusions suivantes : 1° Le lyo et le desmoglycogène se comportent comme deux fractions distinctes. Les différences d'activité spécifique sont reproductibles, elles varient très peu d'un groupe d'animaux

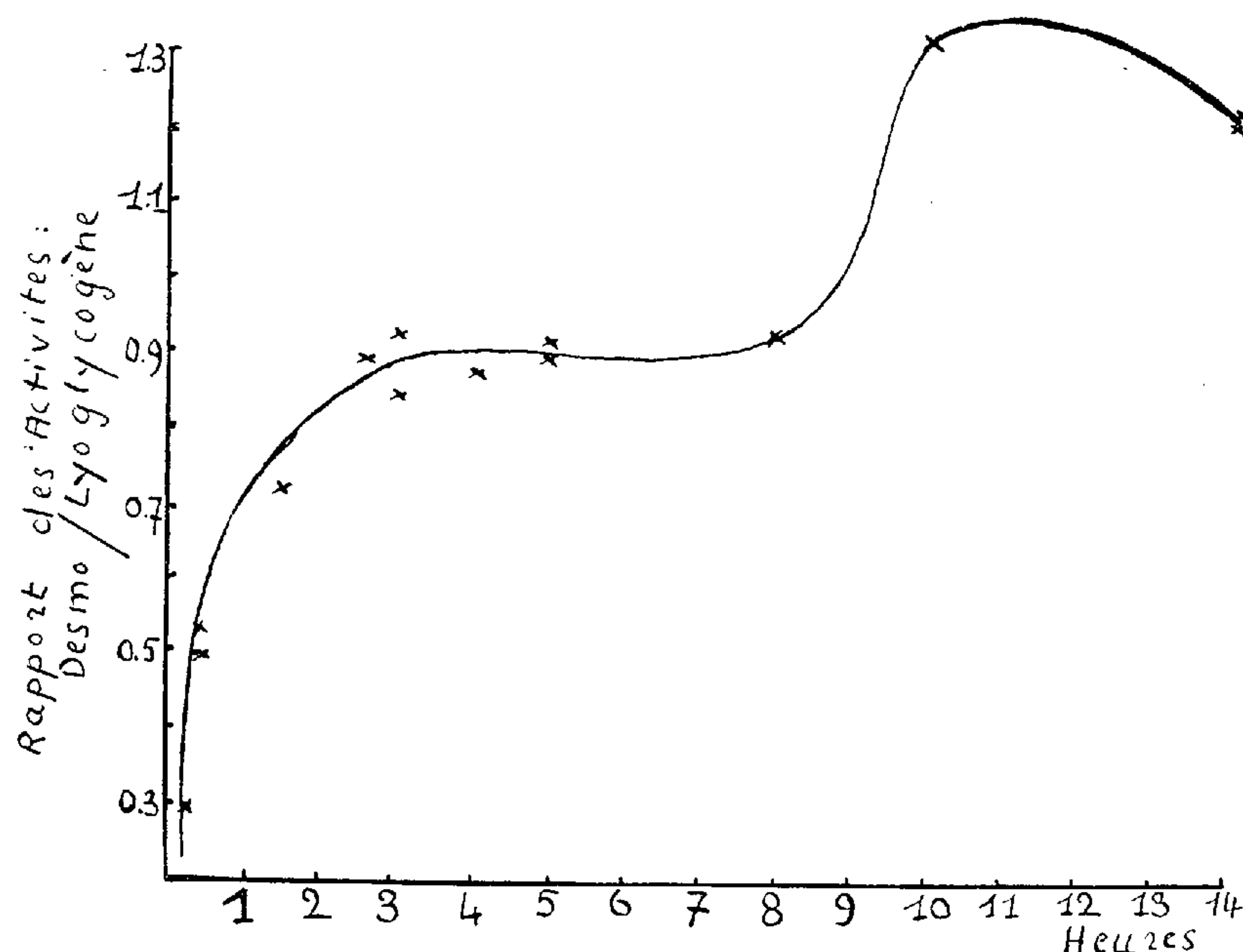


Fig. 2.

à l'autre, elles sont significatives; 2° Le desmoglycogène n'est pas le précurseur du lyoglycogène comme l'avait suggéré J. Wajzer (6). Il est plus vraisemblable que les deux fractions sont indépendantes; 3° Bien que le desmoglycogène représente, dans le foie, une fraction pondéralement petite et relativement stable, il n'est pas métaboliquement inerte (7) : la pente des droites de la figure 1 dans la période d'équilibre pondéral (3 à 8 h) suggère au contraire que le desmoglycogène aurait une vitesse de renouvellement supérieure, de 15 % environ, à celle du lyoglycogène.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1367.

(2) Glucose uniformément marqué par du C^{14}, préparé par photosynthèse, fourni par le service de fermentations de l'Institut Pasteur.

(3) M. Lourau, *Arkiv Kemi*, 7, 1954, p. 211.

(4) A. F. Dratz, J. A. Russell et B. M. Covey, *Fed. Proc.*, 15, 1956, p. 52.

(5) F. Meyer et M. Lourau, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2184.

(6) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 21, 1939, p. 1242.

(7) J. A. Russell et W. L. Bloom, *Amer. J. Physiol.*, 183, 1955, p. 345.

PHARMACOLOGIE. — *Différenciation, sur le duodénum isolé de Rat, des actions inhibitrices exercées par l'atropine vis-à-vis de la transmission synaptique.* Note de Mlle **Jeanne Lévy** et Mme **Estera Michel-Ber** (1), présentée par M. Léon Binet.

Trois points d'attaque de l'atropine peuvent être mis en évidence sur le duodénum isolé de Rat. En dehors de son action périphérique antimuscarinique (la plus élective), l'atropine bloque la transmission synaptique, d'une part, à faibles concentrations, par inhibition de l'excitation préganglionnaire, et, d'autre part, à fortes concentrations, par action directe au niveau des cellules ganglionnaires.

N. Ambache (2) a récemment souligné les raisons pour lesquelles la sensibilité à l'atropine n'est pas un test infaillible d'une transmission nerveuse cholinergique. Sa revue très documentée prouve que les modes d'action et les points d'attaque de l'atropine ne sont pas encore précisés.

Nous avons mis en évidence la pluralité d'actions exercées par l'atropine, au niveau du duodénum isolé du Rat, grâce à des techniques qui permettent de situer ces différents points d'attaque, aux différents étages du système nerveux autonome.

1° L'action antimuscarinique (parasympatholytique) de l'atropine peut être déterminée quantitativement par l'antagonisme acétylcholine-atropine (3). C'est cette propriété qui permet à l'atropine (à faibles concentrations) de renforcer l'action indirecte adrénergique exercée par la nicotine. L'atropine supprime la phase cholinergique de l'action de la nicotine (1re partie du tracé).

2° L'action inhibitrice de l'atropine vis-à-vis de l'excitation préganglionnaire est déterminée sur le duodénum isolé de Rat *ésériné* (3e partie du tracé) soumis à l'action d'un excito-ganglionnaire (nicotine, phénoxycholine), à l'aide d'une technique antérieurement décrite (4).

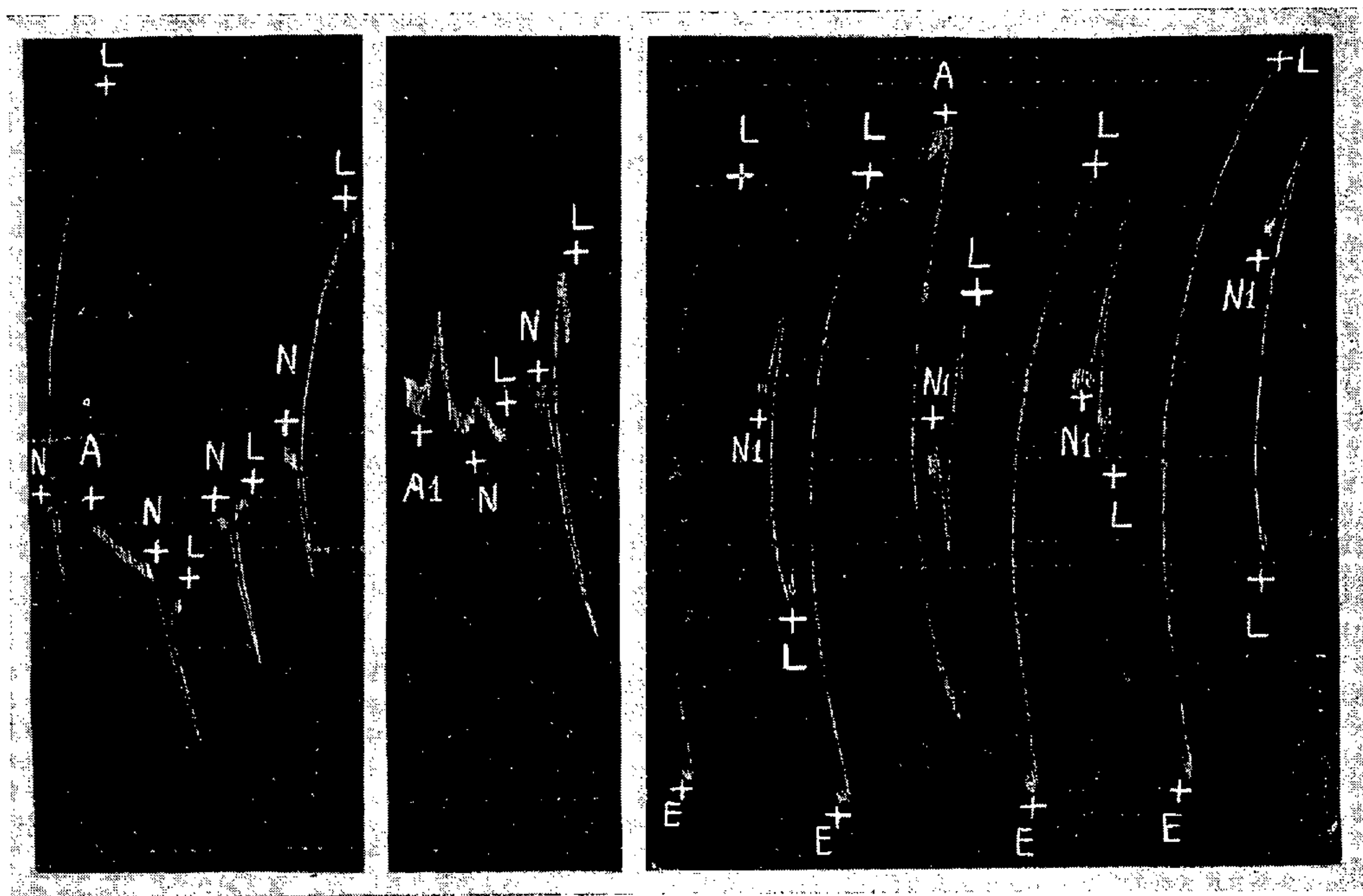
3° L'action ganglioplégique de l'atropine (5), qui ne se manifeste qu'à de fortes concentrations, est déterminée sur le duodénum *non ésériné* (2e partie du tracé), soumis à l'action d'un excito-ganglionnaire (nicotine, phénoxycholine) exerçant une action biphasique (6).

On trouvera résumés, dans le tableau suivant, les résultats obtenus.

Substances vis-à-vis desquelles s'exerce l'action inhibitrice de l'atropine. Concentrations.	Concentrations liminaires de sulfate d'atropine. Action anti-muscarinique.	Action inhibitrice de l'excitation préganglionnaire.	Action ganglioplégique.
Acétylcholine (HCl) $2,5$ à 5.10^{-8}	$1,25$ à 5.10^{-9}	–	–
Nicotine (HCl) 5 à 12.10^{-7} + ésérine (sulfate) 5.10^{-8}	–	$1,25$ à 5.10^{-8}	–
Nicotine (HCl) $1,25$ à 5.10^{-6}	–	–	$12,5$ à 25.10^{-6}

L'action dite « ganglioplégique » de l'atropine, décrite par différents

auteurs (7), consiste essentiellement, sur le duodénum de Rat, en une inhibition de l'excitation au niveau des fibres préganglionnaires. Cette



1re partie. 2e partie. 3e partie.

Figure réduite de 1/2.

Duodénum de Rat maintenu en survie dans 40 cm³ de Tyrode.
En N : administration de 300 μg de chlorhydrate de nicotine;
» N_1 : » 100 μg » »
» A : » 0,5 μg de sulfate d'atropine;
» A_1 : » 1 000 μg »
» E : » 2 μg de sulfate d'ésérine;
L : lavage.

action s'exerce à des concentrations 10 fois plus fortes que les concentrations nécessaires à une action anti-muscarinique et 50 à 100 fois plus faibles que les concentrations nécessaires à une action ganglioplégique proprement dite.

(1) Avec l'aide technique de Laja Liblau.

(2) N. Ambache, *Pharmacol. Reviews*, 7, 1955, p. 467.

(3) J. Lévy et E. Michel-Ber, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 12.

(4) J. Lévy et E. Michel-Ber, *J. Physiologie*, 47, 1955, p. 679.

(5) Nous réservons le terme de « ganglioplégique » à une action s'exerçant sur la cellule ganglionnaire (E. Zaimis, *Thérapie*, 8, 1953, p. 289).

(6) J. Lévy et E. Michel-Ber, *J. Physiologie*, 45, 1953, p. 687.

(7) H. Zonzett et E. Rothlin, *Helv. Physiol. Acta*, 7, 1949, p. C 46; R. Cahen et K. M. Tvede, *Arch. Intern. Pharmacodyn.*, 94, 1953, p. 248; H. Kewitz, *Arch. exp. Path. Pharm.*, 222, 1954, p. 323.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *Jean Tilho* :

En première ligne.............. M. **André Gougenheim**.

En deuxième ligne, ex-æquo *et par ordre alphabétique*.......... MM. **Jacques Bourcart**. **Roger Brard**. **William Loth**. **Jean Vignal**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 17 h 15 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1956.

Haut Commissariat de Madagascar et dépendances. *Carte géologique de Madagascar* en 13 feuilles à l'échelle de 1/500.000ᵉ, mise à jour en 1956, par Henri Besairie. Service géologique, 1956.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Notes techniques, nº 61. *A propos de quelques expériences récentes sur la convection de la chaleur et la transformation de l'énergie*, par Pierre Vernotte. Paris, 1956; 1 fasc. 27 cm.

Traité de mécanique des sols, par Albert Caquot et Jean Kerisel. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Liauminestsentia Slojnik molekoul. Tome I, par B. I. Stepanov. Minsk, Publications de l'Académie de Biélo (Russie), 1955; 1 vol. 23 cm.

Union internationale de chimie pure et appliquée. *IVᵉ Congrès, Chimie analytique. Résumés des communications.* Lisboa, 1956; 1 vol. 23 cm.

Frederic Riesz 1880-1956, in *Acta Mathematica Academiæ scientiarum Hungaricæ*. T. VII. Fasc. 1. Budapest, 1956; 1 fasc. 24 cm.

Countercurrent distribution studies of steroidal substances in dog aortic and adrenal vein blood, by HANS CARSTENSEN, in *Acta Societatis Medicorum Upsaliensis*. Vol. LXI, nos 3-4. Uppsala, 1956; 1 fasc. 22,5 cm.

Countercurrent distribution studies of adrenocortical steroids and steroidal substances, in The aortic and adrenal vein blood of anaesthetized dogs, by HANS CARSTENSEN. Uppsala, 1956; 1 fasc. 24 cm.

Action of Norepinephrine on Carotid sinus arterial wales and blood pressure, by CORNEILLE HEYMANS and A. L. DELAUNOIS, in *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. Gand, 1955; 1 fasc. 25,5 cm.

Visceral receptors, by CORNEILLE HEYMANS and G. R. VLEESCHHOUWER, in *Annual review of Physiology*. Vol. XVIII. Gand, 1956; 1 fasc. 22 cm.

Contributions à la pharmacologie du sarin et du tabun, par CORNEILLE HEYMANS, A. POCHET et H. VAN HOUTTE, in *Archives internationales de Pharmacodynamie et de Thérapie*. Vol. CIV. Fasc. III-IV. Gand, 1956; 1 fasc. 24,5 cm.

Homéostasie de la pression artérielle et hypertension, par CORNEILLE HEYMANS et G. VAN DEN HEUVEL-HEYMANS, in *Bulletin de l'Académie Royale de Médecine de Belgique*, 6e série. T. XXI, no 5. Bruxelles, 1956; 1 fasc. 24,5 cm.

Elemente de theoria multimilor si a structurilor algebrice, par SERGIU VASILACHE. Bucarest, Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Calculul probabilitatilor si applicatii, par O. ONICESCU, G. MIHOC et C. T. IONESCU TULCEA. Bucarest, Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Spatii vectoriale normate, par G. MARINESCU. Bucarest, Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Introducere la Teoria ecuatiilor integrale, par TRAIAN LALESCU. Bucarest, Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Spatii Hilbert, par C. T. IONESCU TULCEA, Bucarest, Editura Academiei Republicii Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Teoria Aritmetica Aidealelor, in *Inele necomutative*, par D. BARBILIAN. Bucarest, Editura Academiei Republicii Populare Romine, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Druret dhe shkurret e shqiperise, par ILIA MITRUSHI. Tiranë, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Annales de la station centrale d'hydrobiologie appliquée. T. VI. Ministère de l'Agriculture. Direction générale des Eaux et Forêts, Service des recherches piscicoles. Paris, 1956; 1 vol. 24 cm.

Flore de Madagascar et des Comores. Plantes vasculaires : 174e Famille : *Verbénacées*. — 174e *bis* Famille : *Avicenniacées*, par HAROLD N. MOLDENKE. Paris, Firmin-Didot et Cie, 1956; 1 vol. 25 cm.

L'origine des planètes, par ALEXANDRE DAUVILLIER. Paris, Presses Universitaires de France, 1956 ; 1 vol. 19 cm.

On a barred spiral structure in the Andromeda nebula, by BERTIL LINDBLAD, with 2 plates and 4 figures in the text, in *Stockholms Observatoriums Annaler*. Band 19, no 2. Stochkolm, 1956; 1 fasc. 28,5 cm.

Encyclopédie mycologique. T. XXVIII. *Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique occidentale*, par JEAN CHEVAUGEON. Paris, Paul Lechevalier, 1956 ; vol. 25,5 cm. (présenté par M. Roger Heim).

Encyclopédie biologique. T. LI. *Contribution à l'étude du développement des céréales. Le photostade, l'hybridation végétative. Essai mitchourinien*, par MAURICE STROUN. Préface par FERNAND CHODAT, 15 planches, 19 graphiques, 62 tableaux. Paris, Paul Lechevalier, 1956; 1 vol. 25,5 cm.

Studiu al secretiei gastrice prin ulcer experimental, par P. PETRU GROZA. Bucuresti, Academiei Republicii populare Romîne, 1955 ; 1 fasc. 23,5 cm.

Nevroza astenică studii clinice fiziopatologice și terapeutice, par A. KREINDLER. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24 cm.

Epilepsia cercetări clinice și experimentale, par A. KREINDLER. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955 ; 1 vol. 24 cm.

Pneumoconiozele neprofesionale, par N. GH. LUPU et C. VELICAN. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romine, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Reflexe condiționate și necondiționate după lezarea receptorilor cutanați și viscerali, par I. ROSNER. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955 ; 1 vol. 24,5 cm.

Cancer și virusuri cîteva consideratii privitoare la ipoteza virotecă a cancerului, par ŞT. S. NICOLAU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955 ; 1 vol. 24,5 cm.

Cercetări de fiziologie și fiziopatologie hepato-biliară, par M. SARAGEA et I. FONI. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955 ; 1 vol. 24 cm.

Mediul social ca factor patologic, cu un studiu introductiv și adnotari, par STEFAN STÎNCĂ. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 20 cm.

Reglarea nervoasă a glandei suprarenale, par C. VELICAN. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24 cm.

Lucrările sesiunii științifice a sectiei de stiințe medicale a Academiei R. P. R. din 22-24 ianuarie 1954. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Contribuții experimentale la studiul imunității in malarie, sub redacția, M. CIUCĂ. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Probleme fundamentale ale activității nervoase superioare, par R. FLORU, C. GIURGEA et M. SARAGEA. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romine, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Probleme de Chirurgie experimentală, par TIBERIU GHIȚESCU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Manuel des échanges internationaux de publications. Paris, U.N.E.S.C.O., 1956 ; 1 vol. 24,5 cm.

Institut français d'Outre-Mer. *Congrès de la protection des végétaux et de leurs produits sous les climats chauds*, organisé par l'Institut français d'Outre-Mer. Marseille, les 21-22-23-24 septembre 1954; 1 vol. 27,5 cm.

Beiträge zur indirekten Streckenmessung mit 2 m. Invarbasislatte und Sekundentheodolit, von M. KNEISSL. Stuttgart, Konrad Wittwer, 1956; 1 fasc. 25 cm.

Priestley's Laboratory and Library and other of his effects, by DOUGLAS MC KIE. Extrait de *Notes and records of the Royal Society of London*. Vol. 12, nº 1. London, 1956 ; 1 fasc. 25 cm.

National nuclear energy series, Manhattan Project Technical Section. *Medical effects of the atomic bomb in Japan*. Division VIII. Vol. 8. Edited by ASHLEY W. AUGHTERSON and SHIELDS WARREN. First Edition. New York, Toronto, London, Mc Graw-Hill book Company, 1956; 1 vol. 23,5 cm.

An unpublished letter from Priestley to John Parker, by DOUGLAS MC KIE, in *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 9e année, n° 35. Paris, Hermann et Cie, 1956; 1 fasc. 24 cm.

Chimia şi Technologia coloranţilor azoici, par I. REICHEL. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24 cm.

Radioactivitatea fenomene şi legi generale. Vol. I, par ALEX. S. SANIELEVICI. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24 cm.

Manual de Tuburi şi circuite electronice. Vol. I, par TUDOR TĂNĂSESCU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24 cm.

Chestiuni speciale de Electrotechnică, par ION S. ANTONIU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Arnaud Denjoy** signale à l'Académie la présence de M. **Salomon Lefschetz**, Professeur honoraire de l'Université de Princeton. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 5 décembre, au lieu du lundi 3, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des sciences morales et politiques.

GÉOLOGIE. — *Sur les Flyschs des Alpes maritimes françaises et italiennes.* Note de Mlle **Anne Faure-Muret**, MM. **Philip H. Kuenen**, **Marcel Lanteaume** et **Paul Fallot**.

Parmi les dépôts assimilables au Flysch, régnant au pourtour des Alpes, nous avons fait une première étude de ceux qui s'étendent du Haut-Var à la Riviera dei Fiori. Des abords du massif d'Allos à la mer ils sont représentés par :

a. la série autochtone des grès d'Annot, d'âge oligocène, où les intercalations argileuses ou pélagiques sont, sauf à la base très réduites par rapport à la puissance des bancs de grès mais où, en direction de l'Est-Sud-Est cette proportion tend à s'inverser avec des niveaux intercalaires épais, sombres, d'où la réalisation d'un Flysch sombre. Cette série d'Annot s'étend jusqu'à la région de Tende et La Brigue, puis au Synclinal de Piene vers Baiardo et San Remo (Italie), enfin aux grès de Menton, régions où la composition du complexe ressemble de nouveau à celle qui règne au Nord-Ouest;

b. un Flysch noir débutant déjà au Lutétien dans la plus basse des écailles tendasques (écaille de Pépin);

c. un Flysch sombre, plus pauvre en grès, propre à l'écaille plus élevée de Riou Frei (Nord-Est de Tende);

d. le Flysch à Helminthoïdes, formant une unité tectonique supérieure étendue du Sud-Est de Limone Piemonte par le mont Bertrand jusqu'à la Riviera dei Fiori.

Nous ne nous occuperons ici que de la première et de la dernière de ces formations.

Pour éclairer le problème de la provenance des éléments de leurs grès nous en avons examiné les principaux affleurements à la lueur de l'Océanographie, des connaissances nouvelles sur les courants de turbidité et la resédimentation (Ph. H. K.) ([1]) en confrontant sur place les résultats de ces observations avec le fruit des levers effectués depuis dix ans (A. F.-M., P. F., M. L.) dans ces régions.

Bien que notre itinéraire n'ait embrassé que 2 500 km² et n'ait permis que des observations éparses, il en ressort des aperçus suggestifs.

Grès d'Annot. — Dans le secteur Saint-Étienne-de-Tinée-Col de la Cayolle où les grès prédominent extrêmement sur les passées séparant les bancs, l'on connaît ([2]) l'existence vers leur base (Pointe Giassin) de galets de granite amenés de l'Argentera par un transport d'abord fluviatile puis marin de 25 km. Mais plus à l'Ouest les galets et graviers sont étrangers au massif de l'Argentera-Mercantour. Au versant Sud du Col de la Cayolle nous avons recueilli des rhyolites inconnues dans ce massif. De plus les courants qui ont régi le dépôt des grès et les courants de turbidité qui sont à l'origine des bancs de grès à sédimentation dégradée (graded bedding) proviennent pour la très grande majorité du Sud-Est, exceptionnellement de l'Ouest. Aucun n'indique une provenance directe du massif cristallin.

Aux abords même d'Annot, les bancs sont beaucoup plus épais, plus diffus, localement chargés de nuages de graviers. L'on ne peut préciser si les apports viennent du Sud-Sud-Ouest ou du Nord-Nord-Est. Même dans ce dernier cas les matériaux ne pourraient provenir du massif cristallin.

Dans la région du Tournairet les niveaux inférieurs comportent des bancs de grès minces séparés par des niveaux argilo-micacés relativement épais. Les directions y sont hésitantes. Dans les 500 m supérieurs, à côté de directions localement variables et mal déterminées l'on relève principalement des provenances du Sud-Sud-Ouest et du Sud.

Au Nord du Fort du Tournairet, c'est-à-dire à la limite nord du massif, la part des grès diminue au profit des intercalations argilo-micacées alors qu'on s'y trouve à 5 km du bord actuel des terrains anciens.

Les grès d'Annot du massif de Peira Cava-Aution-Mille Fourches qui couvrent une surface de près de 50 km² comportent à la base une série à prédominance de lits argileux micacés. Les minces bancs de grès

y témoignent, dans le versant entre Sainte-Élisabeth et la Baisse de Turini de courants venus, selon les points, du Sud-Est et du Sud. Plus au Nord-Est, dans la région de l'Aution, les directions inscrites dans les lits inférieurs sont variables. Celles des bancs plus élevés indiquent toutes des courants provenant du Sud-Ouest ou du Sud-Sud-Ouest. Ici aussi, bien que le Cristallin ne soit qu'à 3,5 km, la proportion des grès est beaucoup plus faible que plus au Sud.

Dans le versant entre la Baisse de Turini et Moulinet, sauf dans les niveaux de la base du complexe, tous les apports sont venus du Sud ou du Sud-Sud-Ouest.

Au Col de Tende, à 4 km du gneiss et du Permien de la terminaison orientale du massif de l'Argentera-Mercantour, règne un Flysch à relativement forte proportion de passées argilo-sableuses noires qui s'étend par le Fort Taborde vers le Sud-Est où il coupe les vallées du Rio Freddo et de La Brigue.

Les apports proviennent les uns du Sud-Ouest, d'autres du Sud-Est, quelques-uns du Nord-Est. Aucun ne vient du massif de l'Argentera. A l'amont de La Brigue les directions sont variables comme il arrive partout dans les assises basales du complexe. Il n'y a nulle part de galets provenant du massif ancien.

Vers Piene, à l'Est de Sospel, les courants inscrits dans les grès venaient du Sud-Ouest et de l'Ouest-Nord-Ouest.

En Italie dans la région d'Isolabona, Apricale, Dolceacqua et Trucco (Nord de Vintimille) ils venaient tous du Sud-Sud-Ouest. Enfin les grès de Menton apportent deux ordres d'indices. Les directions de courants viennent du Sud et du Sud-Est. Le recensement des galets fait ressortir des gneiss, des rhyolites, des granites roses à micropegmatites, des micaschistes, toutes roches qui, sauf les gneiss banaux, n'existent pas dans le massif de l'Argentera-Mercantour.

Il en est de même du synclinal de Saint-Antonin, jalon méridional bordier du domaine des grès d'Annot, où la roche est peu ou pas cimentée, où les directions relevées (M. L.) soulignent une provenance du Sud et où les abondants galets déjà signalés par A. F. de Lapparent appartiennent à des roches éruptives des Maures et de l'Estérel et à des micaschistes, à l'exclusion de toute ressemblance avec l'Argentera-Mercantour (A. F.-M.).

Ainsi une vue paléogéographique nouvelle apparaît-elle, en contradiction avec les théories régnantes.

De cette première enquête il ressort en effet que, contre 7-10 % de résultats contraires ou confus, plus de 90 % des observations ont indiqué que le Flysch d'Annot a été déposé par des courants venus du secteur compris entre les directions Sud-Ouest et Sud-Est. La sédimentation dégradée (graded bedding) qui règne dans la plupart des bancs donne à penser que

ceux-ci sont dus aux courants de turbidité et à la resédimentation. Les affleurements de Cristallin et de Cristallophyllien dont provenaient ces matériaux s'étendaient donc probablement dans la région Maures-Estérel-Corse. Par leur nature et leur répartition les galets et graviers confirment cette hypothèse.

Ph. H. Kuenen et J. Sanders ([3]) ont montré que les mesures de directions dans le Kulm d'Allemagne centrale s'accordent bien avec les déductions tirées des galets. Ici la correspondance entre les deux méthodes est encore plus nette et la nature des roches vient y ajouter son témoignage.

S'il est bien clair que le massif de l'Argentera-Mercantour émergea à l'Oligocène et mêla au Flysch des apports locaux provenant de son cœur granitique et transportés jusqu'au rivage par des cours d'eau (pointe Giassin, mont Rognoso), île naissante dans la mer, il ne fut même pas ceinturé de dépôts conglomératiques et n'a pu jouer qu'un rôle infime dans une sédimentation dont les matériaux provinrent du secteur Sud.

Flysch à Helminthoïdes. — Ce sont des conclusions analogues qui ressortent de notre cursive étude des grès « de type Annot » qui forment la base du complexe à Helminthoïdes. Ces grès considérés jusqu'en 1956 comme appartenant à un Nummulitique élevé recèlent en réalité, ainsi que l'un de nous vient de l'établir, une microfaune cénomano-turonienne ([4]) et leur série, reposant sur les grès d'Annot, est donc charriée. Le Flysch à Helminthoïdes fait ressortir avec les mêmes caractères de sédimentation dégradée des indications de courants qui : 1° au Nord de San Remo, viennent du Sud et du Sud-Ouest, localement de l'Ouest-Nord-Ouest ; 2° 6 km à l'Ouest d'Imperia, viennent de l'Ouest, puis 3° entre Imperia et le mont Bertrand viennent du Sud-Ouest. A ces données très nettes s'ajoute une assez forte proportion de résultats incertains et désordonnés dus aux fortes dislocations locales des assises.

Ici nous avons affaire à une série charriée qui provient du Nord-Est dont l'ampleur du déplacement, encore inconnue, paraît devoir être estimée au bas mot à 50 ou 70 km. La nappe, d'allure laminaire, ne présente pas d'indices de torsions et l'on peut admettre que les directions observées aujourd'hui sont grossièrement parallèles à celles des courants de l'époque crétacée. Le Flysch à Helminthoïdes s'est donc déposé à hauteur de la zone pennique des Alpes Ligures, l'axe du bassin se trouvant peut-être dans la position de la ligne Cuneo-Savone, sans qu'on puisse encore dire si ce fut *sous* ce qui est aujourd'hui le Pennique ou plus probablement (M. L.) dans une position ultra-pennique.

Si ce problème tectonique appelle de nouvelles précisions qui feront l'objet de travaux ultérieurs, nous pouvons néanmoins indiquer que les courants qui ont apporté les grès venaient au Crétacé moyen-supérieur

surtout du Sud et du Sud-Ouest, c'est-à-dire d'un massif émergé qui dès le Crétacé moyen se trouvait vers le Sud et le Sud-Ouest du bassin.

Sans aborder le fond du problème nous ne saurions oublier qu'un Flysch tout à fait semblable, d'âge crétacé moyen, est célèbre dans l'Apennin septentrional sous le nom de Pietraforte. Jusqu'ici il n'est connu qu'en paquets emballés dans les « Argille scagliose » et charriés avec ces dernières; les dislocations qu'il a subies interdisent de tenir compte des directions de courants qu'on y observe. Mais les théories présentes veulent qu'il se soit primitivement déposé au Sud-Ouest de la côte tyrrhénienne actuelle, dans la zone du Paléoapennin de Merla et Conti.

Il ne serait dès lors pas impossible que Flysch à Helminthoïdes et Pietraforte aient pris naissance dans deux parties d'un même bassin situées l'une au Sud-Est de l'autre, et se soient formés aux dépens d'une même et vaste zone cristalline et cristallophyllienne.

Conclusions. — Les résultats résumés ci-dessus relativement aux deux principales séries de Flysch des Alpes-Maritimes ne constituent qu'une première indication. Ils appellent des analyses critiques et des contrôles détaillés. Quant au grès d'Annot ils posent aussi la grave question de savoir quel régime paléogéographique a régné dans le massif d'Allos et plus au Nord et si les constatations y seront conformes ou contraires aux nôtres.

Il nous a paru néanmoins utile de publier ces premières données. En effet, la solution paléogéographique à laquelle conduit la méthode d'investigation employée cadre, pour l'Oligocène, beaucoup mieux avec la répartition des éléments et avec le sens des variations des caractères des dépôts étudiés que les théories anciennes.

(1) *Voir*, en particulier, PH. H. KUENEN, *Bull. Amer. Assoc. geol.*, 37, 1953, p. 1044-1066 et KUENEN et MIGLIORINI, *J. Géol.*, 58, 1950, p. 91-127.

(2) A. FAURE-MURET, *Mém. Carte géol. Fr.*, 1953-1955, p. 285 et suiv.

(3) *Amer. J. Sc.*, 254, 1956, p. 649-671.

(4) M. LANTEAUME, *C. R. Som. Soc. Géol. Fr.*, 1956, p. 199-202.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre des voiles minces hyperstatiques. (Le cas des voiles de surface minimum).* Note (*) de M. **GUSTAVO COLONNETTI.**

L'intégration des équations indéfinies de l'équilibre des voiles de surface minimum a été, dans la Note précédente (1), effectuée dans l'hypothèse que l'on puisse invertir l'ordre des dérivations :

$$\frac{\partial^2}{\partial s_y\,\partial s_x}=\frac{\partial^2}{\partial s_x\,\partial s_y},$$

hypothèse qui se vérifie seulement dans des cas très particuliers.

Dans le cas général, où l'on a

$$\frac{\partial^2}{\partial s_y\,\partial s_x}-\frac{\partial^2}{\partial s_x\,\partial s_y}=\frac{1}{r_x}\frac{\partial}{\partial s_x}+\frac{1}{r_y}\frac{\partial}{\partial s_y},$$

l'intégration peut être effectuée de la manière suivante qui vient de m'être suggérée par M. Wolf Gross de l'*Istituto Nazionale per le Applicazioni del Calcolo* de Rome.

Il faut dire avant tout que les grandeurs r_x, r_y, $\mathcal{R}_x$, $\mathcal{R}_y$ ne sont pas indépendantes entre elles. Elles doivent en effet satisfaire aux équations de Codazzi [2]

$$\frac{\partial}{\partial s_x}\left(\frac{1}{\mathcal{R}_y}\right)-\frac{1}{r_y}\left(\frac{1}{\mathcal{R}_x}-\frac{1}{\mathcal{R}_y}\right)=0,\qquad \frac{\partial}{\partial s_y}\left(\frac{1}{\mathcal{R}_x}\right)-\frac{1}{r_x}\left(\frac{1}{\mathcal{R}_x}-\frac{1}{\mathcal{R}_y}\right)=0$$

et de Gauss

$$\frac{\partial}{\partial s_y}\left(\frac{1}{r_x}\right)-\frac{\partial}{\partial s_x}\left(\frac{1}{r_y}\right)=\frac{1}{r_x^2}+\frac{1}{r_y^2}+\frac{1}{\mathcal{R}_x\mathcal{R}_y}.$$

Dans le cas des surfaces minimum les équations de Codazzi nous permettent d'exprimer directement les r_x et r_y en fonction de $\mathcal{R}$

$$\frac{1}{r_x}=-\frac{1}{2\mathcal{R}}\frac{\partial\mathcal{R}}{\partial s_y}=-\frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}\frac{\partial\sqrt{|\mathcal{R}|}}{\partial s_y},$$

$$\frac{1}{r_y}=\frac{1}{2\mathcal{R}}\frac{\partial\mathcal{R}}{\partial s_y}=\frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}\frac{\partial\sqrt{|\mathcal{R}|}}{\partial s_x},$$

tandis que l'équation de Gauss devient

$$\frac{\partial^2\sqrt{|\mathcal{R}|}}{\partial s_x^2}+\frac{\partial^2\sqrt{|\mathcal{R}|}}{\partial s_y^2}=-\frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}^3},$$

et la relation relative à l'inversion de l'ordre des dérivations peut s'écrire sous la forme

$$\frac{\partial}{\partial s_x}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|}\frac{\partial}{\partial s_y}\right)=\frac{\partial}{\partial s_y}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|}\frac{\partial}{\partial s_x}\right).$$

Reprenons à présent en considération les équations indéfinies de l'équilibre

$$\frac{\partial\mathcal{N}_x}{\partial s_x}+\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y}+\frac{\mathcal{N}_x-\mathcal{N}_y}{r_y}-\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x}=X,$$

$$\frac{\partial\mathcal{N}_y}{\partial s_y}+\frac{\partial\mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x}+\frac{\mathcal{N}_x-\mathcal{N}_y}{r_x}+\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y}=Y,$$

$$\mathcal{N}_x-\mathcal{N}_y=\mathcal{R}Z.$$

La dernière de ces équations peut évidemment être satisfaite par

$$\mathcal{N}_x=\mathcal{N}_m+\frac{1}{2}\mathcal{R}Z\qquad \mathcal{N}_y=\mathcal{N}_m-\frac{1}{2}\mathcal{R}Z,$$

$\mathcal{N}_m$ étant la valeur moyenne des deux tensions agissant selon les lignes de courbure.

Après quoi les deux premières équations deviennent

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \mathcal{N}_m}{\partial s_x} + \dfrac{1}{|\mathcal{R}|}\dfrac{\partial |\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}}{\partial s_y} = \mathrm{X} - \dfrac{1}{2\mathcal{R}}\dfrac{\partial \mathcal{R}^2 \mathrm{Z}}{\partial s_x} = f_x, \\ \dfrac{\partial \mathcal{N}_m}{\partial s_y} + \dfrac{1}{|\mathcal{R}|}\dfrac{\partial |\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}}{\partial s_x} = \mathrm{Y} + \dfrac{1}{2\mathcal{R}}\dfrac{\partial \mathcal{R}^2 \mathrm{Z}}{\partial s_y} = f_y, \end{cases}$$

f_x et f_y étant des fonctions connues, c'est-à-dire qui dépendent seulement des éléments géométriques de la surface et des forces qui lui sont appliquées.

On peut à présent éliminer de ces équations soit $\mathcal{N}_m$ soit $|\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}$.

En effet, en multipliant par $\sqrt{|\mathcal{R}|}$ les deux équations, et en effectuant l'opération $-\partial/\partial s_y$ sur la première et l'opération $\partial/\partial s_x$ sur la seconde, on obtient

$$(2)\quad \frac{\partial}{\partial s_x}\left(\frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}\frac{\partial |\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}}{\partial s_x}\right) - \frac{\partial}{\partial s_y}\left(\frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}\frac{\partial |\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}}{\partial s_y}\right) = \frac{\partial}{\partial s_x}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|}\,f_y\right) - \frac{\partial}{\partial s_y}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|}\,f_x\right).$$

De la même manière, en multipliant les deux équations par $\sqrt{|\mathcal{R}|^3}$, et en effectuant l'opération $\partial/\partial s_x$ sur la première et l'opération $-\partial/\partial s_y$ sur la seconde, on obtient

$$(3)\quad \frac{\partial}{\partial s_x}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|^3}\,\frac{\partial \mathcal{N}_m}{\partial s_x}\right) - \frac{\partial}{\partial s_y}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|^3}\,\frac{\partial \mathcal{N}_m}{\partial s_y}\right) = \frac{\partial}{\partial s_x}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|^3}\,f_x\right) - \frac{\partial}{\partial s_y}\left(\sqrt{|\mathcal{R}|^3}\,f_y\right).$$

Il n'y a d'ailleurs aucune difficulté à revenir au cas où l'ordre des dérivations est invertible.

En effet, la relation relative à l'ordre des dérivations devient

$$\frac{\partial^2}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial^2}{\partial v\,\partial u}$$

si

$$du = \frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}\,ds_x, \qquad dv = \frac{1}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}\,ds_y,$$

c'est-à-dire si l'on choisit comme coordonnées sur la surface les grandeurs

$$u = \int_{\mathrm{P}_0}^{\mathrm{P}} \frac{ds_x}{\sqrt{|\mathcal{R}|}}, \qquad v = \int_{\mathrm{P}_0}^{\mathrm{P}} \frac{ds_y}{\sqrt{|\mathcal{R}|}},$$

P_0 étant un point fixe arbitraire.

Les (1) prennent alors la forme

$$(1')\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \mathcal{N}_m}{\partial u} + \dfrac{1}{|\mathcal{R}|}\dfrac{\partial |\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}}{\partial v} = \sqrt{|\mathcal{R}|}\,f_x, \\ \dfrac{\partial \mathcal{N}_m}{\partial v} + \dfrac{1}{|\mathcal{R}|}\dfrac{\partial |\mathcal{R}|\mathfrak{T}_{xy}}{\partial u} = \sqrt{|\mathcal{R}|}\,f_y. \end{cases}$$

Les (2) et les (3) deviennent

$$(2') \qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{1}{|\mathcal{R}|}\frac{\partial|\mathcal{R}|\mathcal{C}_{xy}}{\partial u}\right)-\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{1}{|\mathcal{R}|}\frac{\partial|\mathcal{R}|\mathcal{C}_{xy}}{\partial v}\right) = \frac{\partial}{\partial u}(\sqrt{|\mathcal{R}|}f_y)-\frac{\partial}{\partial v}(\sqrt{|\mathcal{R}|}f_x),$$

$$(3') \qquad \frac{\partial}{\partial u}\left(|\mathcal{R}|\frac{\partial\mathcal{M}_m}{\partial u}\right)-\frac{\partial}{\partial v}\left(|\mathcal{R}|\frac{\partial\mathcal{M}_m}{\partial v}\right) = \frac{\partial}{\partial u}(\sqrt{|\mathcal{R}|}^3 f_x)-\frac{\partial}{\partial v}(\sqrt{|\mathcal{R}|}^3 f_y).$$

Rien ne change d'ailleurs quant aux possibilités d'application du théorème général de l'équilibre des corps déformables, et aux résultats que l'on peut espérer en déduire dans le cas des déformations non élastiques.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) G. Colonnetti, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1087.

(2) M. Lagally, *Vektor-Rechnung*, p. 85-92.

M. **Louis de Broglie** présente à l'Académie les trois Ouvrages suivants : 1° *Lettres* d'Albert Einstein *à Maurice Solovine*, reproduites en fac-similé et traduites en français, avec une introduction et trois photographies; 2° *Lavoisier et la Révolution française*, par Lucien Scheler. I. *Le Lycée des arts;* 3° *Le Cinquième Congrès mondial de l'Alliance française*, qui contient le discours qu'il y a prononcé au nom de l'Académie.

Les Ouvrages suivants sont présentés.

par M. **Georges-Chaudron** :

Maurice Dodé. *Bases fondamentales et applications de la Thermodynamique chimique*. Tome I. *Les principes, les systèmes idéaux gazeux et avec phases condensées pures*. Fascicule I.

Cours de Chimie. II. *Métaux*, par H. Pariselle.

par M. **René Perrin** : *Actes du Colloque international. Le fer à travers les âges. Hommes et Techniques*. (Nancy, 3-6 octobre 1955.)

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Jean Tilho*, décédé.

Le nombre de votants étant 67, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages
M. Roger Brard	35
M. André Gougenheim..............	16
M. Jacques Bourcart................	9
M. Jean Vignal......................	7

M. **Roger Brard**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

Le scrutin pour l'élection d'un Membre non résidant en remplacement de de M. *Henri Devaux*, décédé, effectué en la séance du 19 novembre, a été inexactement rapporté dans les *Comptes rendus*, p. 1586.

Les résultats, rectifications faites des erreurs, qui d'ailleurs n'affectaient pas le Membre élu, sont les suivants :

	Nombre de suffrages
M. Gaston Delépine...................	38
M. Jean-Lucien Andrieux..............	7
M. Henri Milloux....................	5
M. Léon Moret	5
M. Gabriel Foëx......................	4
M. Henri Besairie	1

PLIS CACHETÉS.

A la demande de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 13 février 1928 et enregistré sous le n° 9951, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Physique.

CORRESPONDANCE.

M. **Pol Swings**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Ministre des Affaires économiques et financières** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie de la **Commission du Contrôle de la circulation monétaire** pour une période de trois ans, en remplacement de MM. *Marcel Delépine* et *Paul Lebeau* dont les mandats sont expirés mais qui sont rééligibles.

Le **Directeur général de l'Enseignement supérieur** au Ministère de l'Éducation Nationale signale la publication d'une nouvelle *Revue de l'Enseignement supérieur*.

L'Académie est informée :

— de la réunion d'un **Colloque international** consacré à l'étude des **problèmes physiques de la Télévision en couleurs**, qui sera organisé à Paris, du 2 au 6 juillet 1957, sous le patronage de l'Union internationale de Physique pure et appliquée ;

— d'un **International Symposium on isotope separation**, qui se tiendra à Amsterdam, du 23 au 27 avril 1957.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Institut de calcul Blaise-Pascal. Une série de publications de Louis Couffignal, M.-A. Lenouvel, Jacques Duleau, Jean Peltier et Geneviève Coulmy.

Il signale également une Note polycopiée de M. Georges Aubert : *Les sols des régions intertropicales*.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles de Carleson et de Helson.* Note de MM. **Jean-Pierre Kahane** et **Raphaël Salem**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Les ensembles parfaits symétriques ne sont jamais des ensembles de Helson; une condition nécessaire pour qu'un ensemble donné soit un ensemble de Helson.

La définition des ensembles de Carleson et de Helson et la bibliographie sont données dans une Note antérieure ([1]). Tout ensemble de Carleson est un ensemble de Helson, mais on ne sait pas si la réciproque est vraie. La condition nécessaire et suffisante pour qu'un ensemble soit un ensemble de Carleson est l'existence d'un nombre $\delta > 0$ tel que, pour toute mesure $d\mu$, réelle ou complexe, portée par l'ensemble, on ait

$$\sup_{n \geq 0} \left| \int_0^{2\pi} e^{inx}\, d\mu \right| \geq \delta \int_0^{2\pi} |d\mu|.$$

Pour les ensembles de Helson, il faut remplacer $n \geq 0$ par $-\infty < n < \infty$;

Un ensemble parfait symétrique E construit sur $(0, 2\pi)$ a ses points donnés par la formule $2\pi(\varepsilon_1 r_1 + \varepsilon_2 r_2 + \ldots)$ où les ε sont égaux à 0 ou 1, et où la suite infinie des r_k positifs satisfait aux relations

$$\sum_1^\infty r_k = 1 \qquad r_p > \sum_{p+1}^\infty r_k.$$

L'ensemble E est l'intersection d'ensembles E_p emboîtés, chaque E_p étant la réunion de 2^p intervalles de longueur $\delta_p = r_{p+1} + r_{p+2} + \ldots$ dont les extrémités, données par les formules $g = 2\pi(\varepsilon_1 r_1 + \ldots + \varepsilon_p r_p)$ et

$$d = 2\pi(\varepsilon_1 r_1 + \ldots + \varepsilon_p r_p + r_{p+1} + r_{p+2} \ldots).$$

sont des points de E.

THÉORÈME 1. — *Soit* E *un ensemble ayant la propriété suivante : pour des valeurs de m arbitrairement grandes, il existe des points* $x_1, x_2, \ldots, x_m$ *(dépendant de m) appartenant à* E, *et tels que les points* $\varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 + \varepsilon_m x_m$ *soient tous distincts et appartiennent à* E *quand les* ε *prennent arbitrairement les valeurs* 0, 1. *Dans ces conditions* E *n'est pas un ensemble de Helson.*

Démonstration. — La somme

$$(1) \qquad 2^{-m}\sum \alpha\, e^{2\pi i(\varepsilon_1 x_1 + \ldots + \varepsilon_m x_m)t}$$

étendue à tous les systèmes de valeurs $\varepsilon = 0$ ou 1, α étant une fonction de $\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_m$ prenant les valeurs $+1$ ou -1, est [à la constante $(2\pi)^{-1/2}$ près] la transformée de Fourier d'une mesure $d\mu$ portée par E et telle que $\int |d\mu| = 1$. Posons

$$\psi_k(t) = \frac{1}{4}\left(1 + e^{2\pi i x_k t} + e^{2\pi i x_{k+1} t} - e^{2\pi i (x_k + x_{k+1}) t}\right).$$

On vérifie immédiatement que $|\psi_k(t)| < 2^{-1/2}$. D'autre part l'expression $\psi_1(t)\,\psi_3(t)\ldots\psi_{2n-1}(t)$ où $n = [m/2]$ est de la forme (1). Comme son module ψ n'excède pas $2^{-n/2}$, et que n est arbitrairement grand, le théorème est démontré.

COROLLAIRE. — *Un ensemble parfait symétrique n'est jamais un ensemble de Helson.* Immédiat.

Application. — Soit f une fonction continue, donnée sur E. En général, f n'est pas la restriction à E d'une fonction de la classe A (somme de série trigonométrique absolument convergente). Une condition nécessaire pour qu'il en soit ainsi est que $\int f\,d\mu = O(2^{-q/2})$ $(q \to \infty)$, $d\mu$ étant la mesure définie dans la démonstration du théorème 1, avec $m = 2q$ et $x_k = r_k$, mesure qui est portée par les extrémités gauches g des 2^{2q} intervalles Δ constituant E_{2q}. Si nous désignons par $d\nu$ la translatée de $d\mu$ portée par les extrémités droites d, nous aurons la condition nécessaire $\int f(d\mu - d\nu) = O(2^{-q/2})$, équivalente à

$$2^{-2q}\sum_{\Delta} \pm [f(d) - f(g)] = O\left(2^{-\frac{q}{2}}\right)$$

les signes étant ceux de la mesure $d\mu$ aux points g. *Cette remarque donne un moyen de construire sur* E *une fonction continue non prolongeable en fonction de la classe* A.

THÉORÈME 2. — *Si* E *est un ensemble de Helson, dans toute progression arithmétique de* N *termes, il y a au plus* [A log N] *points de* E, A *étant une constante ne dépendant que de* E.

Démonstration. — Nous nous appuyons sur le résultat connu suivant [2] : dans le polynome trigonométrique $P(x)=\sum_1^N r_k e^{ikx+i\varphi_k}$ on peut choisir les phases φ_k pour que $\max|P(x)|<C\left(\sum_1^N r_k^2 \log N\right)^{\frac{1}{2}}$, C étant une constante absolue.

Soient maintenant $\alpha+p\beta(p=1, 2, \ldots, N)$ N points en progression arithmétique dont K appartiennent à l'ensemble E. Posons $r_p=1/K$ ou zéro suivant que $\alpha+p\beta$ appartient ou non à E. On a

$$\sum_{p=1}^{N} r_p\, e^{in(\alpha+p\beta)+i\gamma_p}=\int_0^{2\pi} e^{nix}\,d\mu.$$

$d\mu$ étant une mesure portée par E, telle que $\int|d\mu|=1$. On peut choisir les γ_p de façon que pour tout n,

$$\left|\int e^{inx}\,d\mu\right|<C\left(\sum r_p^2 \log N\right)^{\frac{1}{2}}=C(K^{-1}\log N)^{\frac{1}{2}}.$$

Si E est un ensemble de Helson, il existe un $\delta>0$ tel que $\sup\left|\int e^{inx}\,d\mu\right|>\delta$ d'où $K<C^2\delta^{-2}\log N$. C. Q. F. D.

Remarque. — On vérifie que l'ensemble des points $2^{-n}(0\leqq n<\infty)$ et de leur point d'accumulation zéro est un ensemble de Helson. Or, dans la progression arithmétique $\{j2^{-p}\}(0\leqq j<2^p)$, il y a p points de cet ensemble. *Dans l'énoncé du théorème* 2, *on ne peut donc pas remplacer* log N *par une fonction de* N *moins vite croissante.*

(1) J.-P. KAHANE et R. SALEM, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1185.

(2) SALEM et ZYGMUND, *Acta Mathematica*, 91, 1954, p. 245-301, particulièrement p. 270, 287 et 290.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le produit de composition des fonctions et distributions à support dans* R_+^n, $n>1$. Note (*) de M. **SERGE VASILACH**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans une Note antérieure (1) nous avons montré (théorème I) que si f est une fonction numérique continue à support limité à gauche par rapport au cône convexe $\Gamma=R_+^n$, $n>1$, $[f\star f=f^{\star 2}=0$ dans $\Gamma]\Rightarrow[f=0$ dans $\Gamma]$. C'est le théorème de Titchmarsh pour $f=g\in(C_+\Gamma)$. Dans la Note ci-après on expose une nouvelle démonstration du théorème général de Titchmarsh.

THÉORÈME II. — *Soit* $(C_{+\Gamma})$ *l'espace des fonctions numériques continues ayant leurs supports limités à gauche par rapport au cône convexe* $\Gamma = R_+^n$, $n > 1$. *Si pour* f, $g \in (C_{+\Gamma})$ *on a*

$$(1)\quad f\star g = \int_0^{x_1}\int_0^{x_2}\cdots\int_0^{x_n} f(x_1-\xi_1, x_2-\xi_n, \ldots, x_n-\xi_n)\, g(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n)\, d\xi_1\, d\xi_2\ldots d\xi_n = 0$$

alors $f = 0$ *ou* $g = 0$ *dans* Γ.

Démonstration pour $n = 2$, en montrant que pour $x_1 = x$, $x_2 = y$, $f(x, y)$, $g(x, y) \in (C_{+\Gamma})$, $\Gamma = R_+^2$, on a $[f\star g = 0 \text{ dans } \Gamma] \Rightarrow [(f=0) \text{ ou } (g=0) \text{ dans } \Gamma]$.

En effet pour $n = 2$, la relation (1) peut encore s'écrire

$$(2)\quad (xf)\star g + f\star(xg) = x(f\star g) = 0.$$

En posant $xf(x, y) = f_{10}(x, y)$, $xg(x, y) = g_{10}(x, y)$, (2) s'écrit

$$(3)\quad f_{10}\star g + f\star g_{10} = 0 \quad \text{dans } \Gamma,$$

ou

$$(4)\quad (f\star g_{10})\star(f_{10}\star g) + (f\star g_{10})^{\star 2} = 0,$$

d'où, en vertu de la commutativité du produit de composition,

$$(5)\quad (f\star g)\star(f_{10}\star g_{10}) + (f\star g_{10})^{\star 2} = 0.$$

Mais $f\star g = 0$ par hypothèse, donc $(f\star g_{10})^{\star 2} = 0$, donc d'après le théorème I,

$$(6)\quad f\star g_{10} = 0 \quad \text{dans } \Gamma.$$

D'autre part, on a aussi

$$(yf)\star g + f\star(yg) = y(f\star g) = 0 \quad \text{dans } \Gamma.$$

En posant $yf = f_{01}$, $yg = g_{01}$, on trouve

$$(7)\quad f\star g_{01} = 0 \quad \text{dans } \Gamma.$$

De même $f_{10}\star g_{01} + f\star g_{11} = 0$, $g_{11} = xy\, g(x, y)$, d'où

$$(f\star g_{11})\star(f_{10}\star g_{01}) + (f\star g_{11})^{\star 2} = 0;$$

d'où, compte tenu de (7),

$$(8)\quad f\star g_{11} = 0 \quad \text{dans } \Gamma.$$

En posant ensuite $g_{21} = x^2 y\, g(x, y)$, on trouve

$$f_{10}\star g_{11} + f\star g_{21} = x(f\star g_{11}) = 0;$$

d'où

$$(9)\quad f\star g_{21} = 0 \quad \text{dans } \Gamma.$$

Plus généralement, si $g_{pq} = x^p y^q g(x, y)$, on a

$$[f\star g_{pq} = 0 \text{ dans } \Gamma] \Rightarrow [f\star g_{p+1, q+1} = 0 \text{ dans } \Gamma].$$

Donc, finalement

$$[f \star g = 0 \text{ dans } \Gamma] \Rightarrow [f \star (x^p y^q g) = 0 \text{ dans } \Gamma],\ p,\ q \in N^*,$$

donc, d'après le théorème de Lerch ([1]), $f(x-\xi, y-\eta)\, g(\xi, \eta) = 0$, pour $0 \leqq \xi \leqq x < \infty$, $0 \leqq \eta \leqq y < \infty$.

Si pour $\xi = \xi_0$, $\eta = \eta_0$ on a $g(\xi_0, \eta_0) \neq 0$, alors

$$[f(x-\xi, y-\eta)\, g(\xi_0, \eta_0) = 0] \Rightarrow [f(x, y) = 0 \text{ dans } \Gamma].$$

Dans le cas où il n'existe pas de couple (ξ_0, η_0) tel que l'on ait $g(\xi_0, \eta_0) \neq 0$, alors on aura $g(\xi, \eta) = 0$ dans Γ.

Démonstration analogue pour $n > 2$.

C. Q. F. D.

2. *Extension du Théorème* II *aux fonctions sommables dans* R_+^2. — Soit $n = 2$ pour simplifier les écritures.

Prenons

$$F(x, y) = \int_0^x \int_0^y f(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta; \qquad G(x, y) = \int_0^x \int_0^y g(\xi, \eta)\, d\xi\, d\eta; \qquad f, g \in (L^1_{+\Gamma}),$$

on a les propositions :

(10) $$[F \star G = 0] \Leftrightarrow [f \star g = 0 \text{ presque partout}],$$

et

(11) $$\{(F \star G = 0) \Rightarrow [(F = 0) \text{ ou } (G = 0)]\} \Rightarrow \{(f \star g = 0) \Rightarrow [(f = 0) \text{ ou } (g = 0) \text{ presque partout}]\}.$$

3. *Extension du théorème* II *aux distributions ayant leurs supports dans* R_+^n :

Théorème III. — *L'espace* $(\mathcal{D}'_{+\Gamma})$ *des distributions ayant leurs supports limités à gauche par rapport au cône convexe* $\Gamma = R_+^n$, $n \geqq 1$, *est une algèbre sans diviseurs de zéro.*

Pour $n = 1$, démonstration dans L. Schwartz ([2]), (th. XIV, chap. VI).

Pour $n > 1$, une première démonstration donnée par J. L. Lions ([3]).

Montrons que quelles que soient T, $S \in (\mathcal{D}'_{+\Gamma})$,

$$[T \star S = 0] \Rightarrow [(T = 0) \text{ ou } (S = 0)].$$

En effet, soit $(\mathcal{D}_{+\Gamma})$ l'espace des fonctions indéfiniment dérivables à supports limités à gauche par rapport au cône convexe Γ.

Pour $\alpha \in (\mathcal{D}_{+\Gamma})$, $\beta \in (\mathcal{D}_{+\Gamma})$, $\alpha \neq 0$, $\beta \neq 0$, on a

$$(T \star \alpha) \star (S \star \beta) = (T \star S) \star (\alpha \star \beta) = 0$$

car $T \star S = 0$ par hypothèse. Mais $T \star \alpha$ et $S \star \beta$ sont des fonctions de $(\mathcal{D}_{+\Gamma})$, donc d'après le théorème II, $T \star \alpha = 0$ ou $S \star \beta = 0$. Supposons $T \star \alpha = 0$ et considérons une suite de régularisantes $(\varphi_j) \subset (\mathcal{D}_{+\Gamma})$ qui convergent vers δ dans $(\mathcal{D}'_{+\Gamma})$, par exemple telle que $\varphi_j > 0$, $\int_\Gamma \varphi_j(x)\, dx = +1$, et que

pour $j \to \infty$ leurs supports convergent vers l'origine (sommet de Γ). Dans ces conditions on a $(T \star \varphi_j) \star \alpha = (T \star \alpha) \star \varphi_j = 0$, et comme par hypothèse $\alpha \neq 0$, on a $T \star \varphi_j = 0$.

Par ailleurs, l'application $(T, \varphi_j) \to T \star \varphi_j$ de $(\mathcal{D}'_{+\Gamma}) \times (\mathcal{D}_{+\Gamma})$ dans $(\mathcal{D}_{+\Gamma})$ étant continue dans la pseudotopologie de $(\mathcal{D}'_{+\Gamma})$, on a [la limite étant prise dans $(\mathcal{D}'_{+\Gamma})$ pseudotopologique] :

$$0 = \lim_{j \to \infty} (T \star \varphi_j) = T \star \left(\lim_{j \to \infty} \varphi_j\right) = T \star \delta = T$$

C.Q.F.D.

Remarque. — Le théorème II nous permet de construire un calcul opérationnel algébrique pour l'espace des fonctions numériques continues (resp. sommables) ayant leurs supports limités à gauche par rapport au cône convexe $\Gamma = R^n_+$, $n > 1$, analogue à celui construit par Mikusinski dans le cas des fonctions d'une seule variable.

De même, le théorème III, servira de base à la présentation d'un calcul opérationnel algébrique pour l'espace $(\mathcal{D}'_{+\Gamma})$ des distributions ayant leurs supports limités à gauche par rapport au cône Γ.

Une première étude à ce sujet a fait l'objet de notre communication au IVe Congrès des mathématiciens roumains, qui eut lieu à Bucarest entre le 24 mai et le 4 juin 1956.

(*) Séance du 5 novembre 1956.
(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1591.
(2) *Théorie des Distributions*.
(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1530 et 1622.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équation de Hill non linéaire et méthode stroboscopique de N. Minorsky*. Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Henri Villat.

L'équation envisagée ici est

$$\frac{d^2 x}{d\theta^2} + [Q_0^2 - k\,\delta(\theta)]\,x - \beta x^3 = 0, \tag{1}$$

θ, variable; Q_0, k, β, coefficients constants (k et β très petits), $\delta(\theta)$ fonction impulsive unité périodique, de période π. On se placera au voisinage de la résonance paramétrique en supposant $Q_0 \sim 1$. Ce type d'équation apparaît dans l'étude du cosmotron à focalisation forte (1), (2).

Un nouveau type d'autostabilisation. — Faisons passer les termes correctifs dans le second membre :

$$\frac{dx^2}{d\theta^2} + Q_0^2 x = \beta x^3 + k x\,\delta(\theta). \tag{2}$$

Le premier membre, qui ne contient pas de terme d'amortissement, « filtre » très sélectivement les fréquences des termes d'excitation du second membre, ce qui conduira à ne conserver que les fréquences très voisines de $1/2\pi$ (fréquence propre du premier membre). Ainsi, portant dans le second membre la solution de première approximation $x = a\cos Q_0\theta$, nous pourrons remplacer βx^3 par son fondamental

$$\frac{3\beta}{4}a^3\cos Q_0\theta = \frac{3\beta}{4}a^2 x.$$

Pour la même raison, la suite d'impulsions $\delta(\theta)$ pourra être remplacée par une sinusoïde de même période, soit

$$\delta(\theta) = \frac{1}{\pi} + \frac{2}{\pi}\cos 2\theta.$$

L'équation (1) devient alors

$$\frac{d^2x}{d\theta^2} + \left[Q_0^2 - \frac{3\beta}{4}a^2 - \frac{k}{\pi} - \frac{2k}{\pi}\cos 2\theta\right]x = 0,$$

équation de Mathieu dont l'un des coefficients, $Q_0^2 - (k/\pi) - (3\beta/4)a^2$, dépend de l'amplitude, ce qui assure dans certains cas une autostabilisation. *En effet, partant d'un point instable du diagramme de l'équation de Mathieu, la variation de l'amplitude peut le ramener dans une zone stable.* Cette méthode d'étude et les conditions de stabilité qui s'en déduisent seront précisées ultérieurement.

Zone stable, équation de seconde approximation. — Q_0 étant voisin de 1, nous choisirons k assez petit pour nous trouver à l'intérieur d'une zone stable. Sous l'effet des impulsions $\delta(\theta)$, la variable quasi sinusoïdale x subit périodiquement de petits sauts d'amplitude et de phase et, par suite de la non-linéarité de l'équation, la fréquence d'oscillation varie aussi avec l'amplitude. Nous supposerons que les variations d'amplitude et de phase sont assez faibles pour que l'on puisse considérer amplitude, phase et fréquence comme à peu près constants sur un intervalle d'étude Θ. Avec ces hypothèses, portant la solution de première approximation $x = a\cos Q_0\theta$ dans le second membre de l'équation (2), il vient (en conservant seulement le fondamental de x^3)

$$(3) \qquad x'' + \left[Q_0^2 - \frac{3\beta}{4}a^2\right]x = k\delta(\theta)\,a\cos Q_0\theta$$

En ce qui concerne $\delta(\theta)$, on a $\delta(\theta) = 0$ pour $\theta \neq \varphi + p\pi$ [φ, phase des impulsions par rapport à $x(\theta)$]. Par suite le second membre de (3) s'écrit, pour l'intervalle d'étude Θ,

$$k\delta(\theta)\,a\cos Q_0(\varphi + p\pi) \simeq k\delta(\theta)\,a\cos(\varphi + p\pi) = \pm k\delta(\theta)\,a\cos\varphi,$$

les signes + et — alternant d'une impulsion à la suivante. Nous sommes ainsi conduits à l'étude de l'équation

$$(4) \qquad x'' + \left[Q_0^2 - \frac{3\beta}{4}a^2\right]x = \pm k\delta(\theta)\,a\cos\varphi.$$

L'effet de filtrage du premier membre permet de remplacer la suite d'impulsions $\pm\delta(\theta)$ par la loi sinusoïdale

$$\frac{2}{\pi}\cos(\theta-\varphi)=\frac{2}{\pi}\cos\varphi\cos\theta+\frac{2}{\pi}\sin\varphi\sin\theta,$$

avec $x=a\cos Q_0\theta\simeq a\cos\theta$; $(x'/Q_0)=-a\sin Q_0\theta\simeq -a\sin\theta$, car $Q_0\sim 1$. L'équation (4) devient donc

$$x''+\frac{k}{\pi Q_0}\sin 2\varphi\, x'+\left[Q_0^2-\frac{3\beta}{4}a^2-\frac{k}{\pi}-\frac{k}{\pi}\cos 2\varphi\right]x=0. \tag{5}$$

La méthode stroboscopique ([3]). — Suivant N. Minorsky, nous adopterons les nouvelles variables $\rho=a^2$, $\psi=\omega\theta$, où ω est la pulsation locale fournie par (5)

$$\omega=\sqrt{Q_0^2-\frac{3\beta}{4}a^2-\frac{k}{\pi}-\frac{k}{\pi}\cos 2\varphi}\simeq Q_0-\frac{3\beta}{8Q_0}a^2-\frac{k}{2\pi Q_0}-\frac{k}{2\pi Q_0}\cos 2\varphi.$$

L'équation (5) donne aussi la loi de variation de ρ

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=2\frac{\Delta a}{a}=-\frac{k}{\pi Q_0}\sin 2\varphi\,\Delta\theta.$$

Prenons θ pour variable stroboscopique. Comme ω reste voisin de $Q_0\sim 1$, ψ fait à peu près un tour toutes les fois que θ augmente de 2π. Cependant la valeur exacte de la rotation est

$$\Delta\psi=2\pi\omega=2\pi\left[Q_0-\frac{3\beta}{8Q_0}\rho-\frac{k}{2\pi Q_0}-\frac{k}{2\pi Q_0}\cos 2\varphi\right]$$

d'où, pour chaque rotation, les « écarts stroboscopiques »

$$\Delta\varphi=\Delta\psi-2\pi=2\pi\left[Q_0-1-\frac{3\beta}{8Q_0}\rho\right]-\frac{k}{Q_0}(1+\cos 2\varphi),$$

$$\Delta\rho=-\frac{k}{\pi Q_0}2\pi\rho\sin 2\varphi=-\frac{2k}{Q_0}\rho\sin 2\varphi.$$

Ces écarts extrêmement petits définissent le « lieu stroboscopique » du point de coordonnées (ρ, ψ), pour une période stroboscopique de 2π. L'équation du lieu $d\rho/d\varphi=f(\rho,\varphi)$ s'intègre suivant

$$2\pi[Q_0-1]\rho-\frac{3\pi\beta}{8Q_0}\rho^2-\frac{k}{Q_0}(1+\cos 2\varphi)\rho=C \qquad \text{(C, constante d'intégration).}$$

On retrouve l'expression à laquelle conduisent aussi les méthodes de recherche d'un « invariant du mouvement » ([4]), ([5]), ([1]). L'étude des variations de ρ, et de ses valeurs limites, s'en déduit aisément.

([1]) A. Schoch, *Rapport C. E. R. N.*, PS/A, Sch. 2, mai 1955.

([2]) A. Blaquière, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1285.

(3) N. Minorsky, *Bulletin S. F. M.*, n° 13, éd. *Science et industrie*; *Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano*, 23, 1952.

(4) J. Moser, *Nachr. Gött. Akad.* (Math.-Phys.), n° 6, 1955.

(5) P. Sturrock, *Static and Dynamic Electron Optics*, Cambridge University Press.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'intersection des sous-espaces fibrés principaux d'un espace fibré principal.* Note (*) de M. **Daniel Bernard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les résultats ci-dessous sont apparus nécessaires en vue de l'étude des G-structures complexes qui seront définies et étudiées dans une prochaine Note. L'intersection de deux sous-espaces fibrés principaux est, sous des hypothèses assez larges, un sous-espace fibré principal; dans le cas différentiable, l'intersection est un sous-espace fibré principal différentiable de même classe.

1. Soit $H(B, G, p)$ un espace fibré principal de base B, à groupe structural topologique G et de projection p; on pose $p^{-1}(x) = H_x$; on désignera par D_g la translation à droite par $g \in G$ opérant sur H et l'on notera $D_g(z) = z.g$, où $z \in H$. Soit G′ un sous-groupe fermé de G. Une partie $H' \subset H$ est un *G′-sous-espace fibré principal de* H (G′-s. e. f. p.) si elle admet une structure fibrée principale $H'(B', G', p')$ telle que : 1° la topologie de H′ soit la topologie induite par celle de H, 2° p' soit la restriction de p à H′; 3° la translation à droite $D'_{g'} (g' \in G')$ opérant sur H′ soit la restriction à H′ de la translation à droite $D_{g'}$ opérant sur H. Les G′-s. e. f. p. de H correspondent biunivoquement aux « réductions à G′ du groupe structural de H. »

Soit H″ un G″-s.e.f.p. de H; soient $x \in B$, $z' \in H'_x$ et $z'' \in H''_x$: alors $z'' = z.g$, $g \in G$, et la propriété $H'_x \cap H''_x \neq \emptyset$ équivaut à $g \in G'.G''$. Supposons la réalisée pour tout $x \in B$, afin de simplifier l'exposé. Si U est un ouvert de B muni de sections locales σ' (resp. σ'') de H′ (resp. H″), on a $\sigma''(x) = \sigma'(x).g(x)$, $x \to g(x)$ étant une application continue de U dans G à valeurs dans G′.G″. Si $H' \cap H''$ est un s.e.f.p. de H, on a un recouvrement ouvert $\{U_\alpha\}$ de U muni de sections locales ρ_α de $H' \cap H''$ au-dessus de U_α qui sont aussi des sections locales de H′ et H″, de sorte qu'il existe des fonctions continues g'_α (resp. g''_α) : $U_\alpha \to G'$ (resp. G″) telles que pour $x \in U_\alpha$, $\rho_\alpha(x) = \sigma'(x) g'_\alpha(x) = \sigma''(x).g''_\alpha(x)^{-1}$ et que par suite $g(x) = g'_\alpha(x).g''_\alpha(x)$ pour $x \in U_\alpha$. Ceci conduit à la

Définition 1. — Nous dirons que le couple G′, G″ de sous-groupes fermés du groupe topologique G est *régulier* si, pour toute application continue g d'un espace topologique X dans G, à valeurs dans G′.G″, on peut déterminer un recouvrement ouvert $\{X_\alpha\}$ de X et des fonctions continues g'_α (resp. g''_α) : $X_\alpha \to G'$ (resp. G″), telles que, pour $x \in X_\alpha$ on ait $g(x) = g'_\alpha(x).g'_\alpha(x)$.

Et l'on obtient la

Proposition 1.1. — *Étant donnés un groupe topologique* G *et deux sous-groupes*

fermés G' *et* G'', *l'intersection d'un* G'-s.e.f.p. H' *et d'un* G''-s.e.f.p. H'' *d'un fibré principal* H *de groupe structural* G *est un* $G' \cap G''$-s.e.f.p. *de la restriction de* H *à* $p(H' \cap H'')$, *quels que soient* H, H', H'' *si et seulement si le couple* G', G'' *est un couple régulier de sous-groupes de* G.

Pour que le couple G', G'' soit régulier, il suffit que l'une ou l'autre des propriétés suivantes soit réalisée : la restriction à $G'.G''$ (muni de la topologie induite par G) de la projection naturelle $\pi' : G \to G/G'$ (resp. $\pi'' : G \to G/G''$) est une fibration et admet une section locale à valeurs dans G'' (resp. G'). Soit $\Gamma = G' \cap G''$ et f' l'application de G''/Γ (espace des classes à droite) sur $\pi'(G'.G'')$ définie par inclusion des classes : $f'(\Gamma.g'') = G'.g''$; f' est continue et biunivoque, mais non bicontinue en général. f'' : G'/Γ (espace des classes à gauche) $\to \pi''(G'.G'')$ étant défini de façon analogue, on obtient

Proposition. 1.2. — *Si* f' (*resp.* f'') *est un homéomorphisme, en particulier si* G''/Γ (*resp.* G'/Γ) *est compact, il suffit que* $G'' \to G''/\Gamma$ (*resp.* $G' \to G'/\Gamma$) *soit une fibration pour que le couple* G', G'' *soit régulier.*

2. Dans ce qui suit H sera un espace fibré principal différentiable de C^s(1) ($s = 1, 2, \ldots, \infty, \omega$) et, par conséquent, G un groupe de Lie. Un G'-s.e.f.p. H' de H sera un *s. e. f. p. différentiable de classe* $C^{s'}$ ($s' \leq s$) si sa structure fibrée principale $H'(B, G', p')$ est une structure fibrée différentiable $C^{s'}$ et s'il est une sous-variété $C^{s'}$ régulièrement plongée dans H : pour qu'il en soit ainsi il faut et suffit que, au voisinage de tout $x \in B$, H' admette une section locale qui soit une application différentiable $C^{s'}$ de B dans H. En procédant comme dans 1, on est amené à la

Définition 2. — Un couple G', G'' de sous-groupes fermés d'un groupe de Lie G sera dit *générique* si, quel que soit $s = 1, 2, \ldots, \infty, \omega$ et pour toute application différentiable C^s d'une variété U dans G, $x \to g(x)$, on peut trouver un recouvrement ouvert $\{U_\alpha\}$ de U et des fonctions C^s, g'_α (resp. g''_α) : $u_\alpha \to G'$ (resp. G'') telles que $g(U) = g'_\alpha(x).gx''_\alpha(x)$ pour $x \in x_\alpha$.

Proposition 2.1. — *Étant donnés deux sous-groupe fermés* G' *et* G'' *d'un groupe de Lie* G, *l'intersection d'un* G'-*s. e. f. p. différentiable* C^s H' *et d'un* G''-*s. e. f. p. différentiable* $C^s H''$ *d'un fibré principal* H *différentiable* C^s *de groupe structural* G *est un* $G' \wedge G''$-*s. e. f. p. différentiable* C^s *de* H, *quels que soient* H, H' *et* H'' *tels que* $p(H' \wedge H'') = B$, *si et seulement si le couple* G', G'' *est un couple générique de sous-groupe de* G.

L'intérêt de cette proposition réside dans les deux suivantes. En gardant les notations de la proposition 1.2, on a :

Proposition 2.2. — *Si* f' (*resp.* f'') *est un homéomorphisme, en particulier si* G''/Γ (*resp.* G'/Γ) *est compact, le couple* G', G'' *est un couple générique de sous-groupes de* G.

On l'établit ainsi : f' est une application analytique portant de rang maximum de G''/Γ dans G/G'. Ceci permet de montrer que, si g est une application $C^s : U \to G$ à valeurs dans $G'.G''$, $\varphi = f'^{-1} \circ \pi' \circ g$ est une application C^s de U

dans G''/Γ; si $\{O_\alpha\}$ est un recouvrement ouvert de G''/Γ muni de sections locales analytiques σ_α, les $U_\alpha = \varphi^{-1}(O_\alpha)$ recouvrent U et, dans U_α, $\sigma_\alpha \circ \varphi = g''_\alpha$ est une application C^s de u_α dans G''. On voit facilement que $\pi'(g''_\alpha(x)) = \pi'(g(x))$ de sorte que $g'_\alpha(x) = g(x) \cdot g''_\alpha(x)^{-1} \in G'$. On montre que g'_α est une application C^s de U_α dans G', ce qui établit la proposition.

Un autre cas s'obtient de la façon suivante. $G'.G''$ a une structure fibrée analytique de base $G'/\Gamma \times G''/\Gamma$ et fibre Γ, déterminé par les cartes $\varphi_{u' \times u''}$: $(x', x'', \gamma) \to g'_{u'}(x') \cdot \gamma \cdot g''_{u''}(x'')$ définies sur $u' \times u'' \times \Gamma$ où u'(resp. u'') est un ouvert de G'/Γ(resp. G''/Γ) muni d'une section locale analytique $g'_{u'}$(resp. $g''_{u''}$). Soit $\widetilde{G'.G''}$ l'ensemble $G'.G''$ muni de cette structure et en particulier de la structure analytique sous-jacente : $\widetilde{G'.G''}$ est une sous-variété analytique régulièrement plongée dans G dont l'espace tangent en e unité de G est $T_e = \mathcal{G}' + \mathcal{G}''$, $\mathcal{G}'$(resp. $\mathcal{G}''$) désignant l'algèbre de Lie de G'(resp. G''). Les doubles classes $V g = G' . g . G'' = g(g^{-1} G' g) . G$ sont donc aussi des sous-variétés analytiques dont l'espace tangent en g est $T_g = \mathcal{G}' . g + g . \mathcal{G}''$, et elles constituent un feuilletage $\mathcal{F}$ de G. $g_0 \in G$ sera dit régulier pour $\mathcal{F}$ si dimension de $V g_0 = \sup_{g \in G} \dim V g$: l'ensemble Ω des points réguliers est un ouvert dense dans G saturé pour $\mathcal{F}$. Sur Ω le champ de plans T_g définit un système de Pfaff analytique, de rang constant, complètement intégrable (Σ). Si $e \in \Omega$, $\widetilde{G'.G''}$ est une variété intégrale de (Σ) et, en généralisant une proposition de C. Chevalley [2], on peut montrer que toute application de C^s de U dans G à valeurs dans $G'.G''$ est une application C^s de U dans $\widetilde{G'.G''}$. En utilisant alors la fibration de $\widetilde{G'.G''}$ on montre aisément que le couple G', G'' est générique, d'où la

PROPOSITION. 2.3. — *Si e est un point régulier pour le feuilletage de G défini par les doubles classes $G'.g.G''$, le couple de sous-groupes fermés G', G'' du groupe de Lie G est générique.*

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) A. LICHNÉROWICZ, *Théorie globale des connexions et des groupes d'holonomie*, 1955, p. 10-12.

(2) *Theory of Lie groups I*, 1946, p. 95, proposition 1.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement subsonique transversal à un secteur angulaire plan.* Note de M. ROBERT LEGENDRE, présentée par M. Maurice Roy.

Le degré d'homogénéité est exprimé par une série en fonction de la mesure de l'angle. Les trois premiers termes de la série sont calculés.

1. Le potentiel de l'écoulement transversal à un secteur angulaire plan et

indéfini est régulier dans tout le champ et fini aux extrémités de la section rectiligne de l'obstacle. Il présente à l'infini une singularité minimum.

Si ces conditions déterminent une solution unique, le potentiel est homogène, car un changement de l'échelle des longueurs doit laisser la solution invariante.

R. Duquesne a mesuré le degré d'homogénéité par analogie électrique, puis P. Germain a démontré l'existence d'une solution dont le degré varie en sens inverse de l'angle. L'objet de la présente Note est le calcul du degré d'homogénéité ν.

2. Dans le domaine de validité de la linéarisation des équations de la mécanique, il suffit d'étudier le potentiel $\varphi(x, y, z)$ de l'écoulement du fluide incompressible qui est de la forme

$$\varphi = R^{\nu} f(\tau, \theta), \qquad \text{avec} \quad x = R\,\mathrm{th}\,\tau, \qquad y = R\frac{\cos\theta}{\mathrm{ch}\,\tau}, \qquad z = R\frac{\sin\theta}{\mathrm{ch}\,\tau},$$

et qui satisfait à l'équation

$$\nu(\nu+1)f + \mathrm{ch}^2\tau(f_{\tau\tau} + f_{\theta\theta}) = 0.$$

Il est commode d'effectuer une transformation conforme $a + ib$ dans le plan de $\tau + i\theta$, singulière uniquement aux images $\tau = 0$ et $\theta = \pm\theta_0$ des côtés de l'angle plan. Par exemple

$$e^{a+ib+\tau+i\theta} - e^{a+i(b-\theta_0)} - e^{\tau+i(\theta-\theta_0)} + 1 = 0.$$

La fonction f satisfait à l'équation

$$\nu(\nu+1)\sin^2\theta_0 f + (\mathrm{ch}\,a - \cos\theta_0\cos b)(f_{aa} + f_{bb}) = 0.$$

3. La solution est connue pour le demi-plan qui est un angle dont la mesure est $2\theta_0 = \pi$:

$$2\varphi = \sqrt{y + ix} + \sqrt{y - ix}.$$

Le degré d'homogénéité est $1/2$ et : $f = \sin(b/2)\,\mathrm{ch}^{-1/2}a$.

Il y a lieu d'escompter une variation régulière de ν et de f avec θ_0, lorsque θ_0 n'est pas voisin de 0 ou de π, en recherchant des développements des formes :

$$\nu = \frac{1}{2} + \alpha_1\cos\theta_0 + \alpha_2\cos^2\theta_0 + \alpha_3\cos^3\theta_0 + \ldots,$$

$$f = \sin\frac{b}{2}\,\mathrm{ch}\,a + \cos\theta_0 f_1 + \cos^2\theta_0 f_2 + \cos^3\theta_3 f_3 + \ldots,$$

où les coefficients α sont des constantes.

4. L'équation portant sur f conduit à la relation de récurrence :

$$\begin{aligned} 3f_n + \mathrm{ch}^2 a(f_{naa} + {}_{nbb}) &+ \left(\beta_1 + 2\beta_0\frac{\cos b}{\mathrm{ch}\,a}\right)f_{n-1} \\ &+ \left(\beta_2 + 2\beta_1\frac{\cos b}{\mathrm{ch}\,a} + 3\beta_0\frac{\cos^2 b}{\mathrm{ch}^2 a}\right)f_{n-2} \\ &+ \left(\beta_3 + 2\beta_2\frac{\cos b}{\mathrm{ch}\,a} + 3\beta_1\frac{\cos^2 b}{\mathrm{ch}^2 a} + 4\beta_0\frac{\cos^3 b}{\mathrm{ch}^3 a}\right)f_{n-3} + \ldots = 0, \end{aligned}$$

où il a été posé pour simplifier l'écriture :

$$\nu(\nu+1)\sin^2\theta_0 = \beta_0 + \beta_1\cos\theta_0 + \beta_2\cos^2\theta_0 + \ldots.$$

La solution à retenir est finie pour a infini, quel que soit le signe de a.

5. Les trois premiers termes de l'expression de ν sont

$$\nu = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\cos\theta_0 + \frac{1}{\pi^2}\cos^2\theta_0 + \ldots.$$

Les expressions correspondantes des fonctions f sont

$$f_1 = \frac{1}{2}\operatorname{ch}^{\frac{1}{2}}a\left(1 - \frac{2\omega}{\pi}\operatorname{th}a\right)\sin\left(\frac{b}{2}\right) + \frac{1}{2}\operatorname{ch}^{-\frac{3}{2}}a\sin\left(\frac{b}{2}\right)\cos b,$$

où ω est défini par $\sin\omega = \operatorname{th}a$.

D'autre part, l'on a

$$\begin{aligned} f_2 = & \left[\frac{1}{2\pi}\operatorname{ch}^{\frac{1}{2}}a\left(1 - \frac{2\omega}{\pi}\operatorname{th}a\right) + \frac{\omega}{4\pi}\operatorname{ch}^{-\frac{3}{2}}a\left(\operatorname{th}a - \frac{2\omega}{\pi}\right)\right]\sin\left(\frac{b}{2}\right) \\ & + \frac{1}{4}\operatorname{ch}^{\frac{3}{2}}a\left(1 - \frac{2}{\pi\operatorname{ch}a} - \frac{2\omega}{\pi}\operatorname{th}a\right)\sin\left(\frac{3b}{2}\right) \\ & + \frac{1}{\pi}\operatorname{ch}^{-\frac{3}{2}}a\sin\left(\frac{b}{2}\right)\cos b + \frac{3}{8}\operatorname{ch}^{-\frac{5}{2}}a\sin\left(\frac{b}{2}\right)\cos^2 b. \end{aligned}$$

6. La méthode ci-dessus permet de calculer effectivement le potentiel, lorsque l'angle $2\theta_0$ n'est pas trop petit ni trop voisin de 2π.

Une bonne approximation de f pour $\cos\theta_0$ petit est

$$f = \sin\left(\frac{b}{2}\right)[\operatorname{ch}a - \cos\theta_0\cos b]^{-\frac{1}{2}}.$$

Elle apparaît, d'ailleurs, par son développement dans les séries précédentes.

7. En vue de la recherche ultérieure d'une expression analytique de f, d'écriture concise, il faut remarquer que f est une série de Fourier, à la fois par rapport à θ_0 et par rapport à b. Elle est, en outre, une somme de séries de Fourier en ω, pondérées de coefficients de la forme $\omega^p\cos^{2q+1/2}\omega$, où p et q sont des entiers.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le calcul des petites perturbations propagées à son apparrition par le décollement tournant d'une roue axiale.* Note de MM. **Jean Fabri** et **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Maurice Roy.

Le *décollement tournant* des machines axiales est caractérisé par la propagation uniforme autour de l'axe des roues, de l'intrados vers l'extrados des profils, du décollement aérodynamique d'un ou plusieurs groupes d'aubes symétriquement disposés; le champ de vitesse et de pression détecté dans ces conditions subit des perturbations périodiques dont le front raide et la grande intensité semblent traduire le caractère non linéaire du phénomène. La description *linéarisée* de

tels écoulements [1] peut cependant renseigner utilement sur les conditions cinématiques de leur établissement; la méthode présentée ici, utilisant un nombre aussi réduit que possible d'hypothèses sur le comportement aérodynamique des profils en décollement, donne une représentation analytique simple du décollement tournant à son apparition, et ses conclusions peuvent orienter les recherches vers un choix raisonnable des règles qu'il conviendrait d'adopter dans un calcul ultérieur non linéaire.

2. Considérons, suivant le schéma *bidimensionnel* classique du fonctionnement élémentaire d'une roue unique, une grille indéfinie de profils, portée par l'axe y du plan, animée le long de cet axe d'une vitesse absolue $-U$ ($U > 0$) et abordée par un courant uniforme de fluide incompressible dont la vitesse à l'infini, parallèle à l'axe x, est $W > 0$, et la masse spécifique ρ. Jusqu'à une valeur critique $\hat{\alpha}$ de l'incidence d'entrée $\alpha = \text{arctg}(U/W)$, le mouvement (R) relatif à la grille est permanent dans son ensemble, et l'angle de sortie relatif est une constante α_*, indépendante de α. Lorsque $\alpha > \hat{\alpha}$, une série de zones de décollement équidistantes se propagent sur la grille, à la vitesse absolue $-V$ ($V > 0$), ou, relative à la grille, $(U - V) > 0$. Mouvements absolu et (R) sont alors instationnaires, mais si l'on suppose que *le pas relatif des profils est infiniment petit*, le mouvement (D) du fluide par rapport à des axes liés au décollement reste permanent; la distance séparant les fronts de deux zones consécutives est prise, pour simplifier, égale à 2π, chaque zone s'étendant sur une fraction $2\nu\pi$, petite, de cette période. Nous admettons que, dans ces zones, l'angle de sortie (R) est encore α_*; cette hypothèse, qui est indispensable au développement de la méthode, est en accord avec les prévisions de la théorie des grilles avec sillages de décollement, qu'on tienne compte ou non du mélange, derrière les profils, des fluides mort et sain [2], tant que les perturbations sur l'incidence α ne sont pas trop importantes.

3. Le mouvement (D), dans ces conditions, résulte, à l'amont de la grille, de la superposition, à l'écoulement uniforme (W, V), d'un champ de perturbation (w, v), *harmonique*, périodique en y et nul à l'infini. A l'aval, le fluide est, *a priori*, rotationnel : si $\text{tg}\,\theta$ est la pente de la direction asymptotique des lignes de courant (D), le champ de perturbation, périodique en y, qui se superpose à l'écoulement principal $(W, W\,\text{tg}\,\theta)$, comprend une contribution harmonique (w', v') nulle à l'infini, et une composante tourbillonnaire; à partir de l'expression asymptotique $(\overline{w}, \overline{v})$ de cette dernière à l'infini aval ($\overline{v} = \overline{w}\,\text{tg}\,\theta$), on obtient dans la théorie linéarisée la perturbation rotationnelle en un point (x, y) quelconque du milieu aval (D) en calculant $(\overline{w}, \overline{v})$ pour l'argument local $(y - x\,\text{tg}\,\theta)$. On a, compte tenu de la périodicité en y des perturbations

$$W(\text{tg}\,\alpha_* - \text{tg}\,\theta) = U - V, \tag{1}$$

et, en marquant de l'indice zéro les valeurs calculées pour $x = 0$, les relations

$$w_0 = w'_0 + \overline{w}_0, \qquad v'_0 + \overline{v}_0 = (w'_0 + \overline{w}_0)\,\text{tg}\,\alpha_*, \tag{2}$$

exprimant, quel que soit y, respectivement la conservation du débit à la traversée de la roue et la permanence de l'angle de sortie (R) local. L'élimination des éléments rotationnels donne entre les deux champs harmoniques (w, v) et (w', v'), à leur frontière commune de définition ($x = 0$), la correspondance à coefficients constants

$$(3) \qquad w_0(\operatorname{tg}\alpha_* - \operatorname{tg}\theta) = v'_0 - w'_0 \operatorname{tg}\theta,$$

qui entraîne la relation conjuguée

$$(4) \qquad v_0(\operatorname{tg}\alpha_* - \operatorname{tg}\theta) = w'_0 + v'_0 \operatorname{tg}\theta.$$

4. Si l'on écrit alors simultanément, sur une ligne de courant (D) issue d'une *zone non décollée,* d'une part le théorème généralisé de Bernoulli entre ses extrémités dans le milieu aval, et d'autre part un transit (R) à enthalpie totale constante entre les deux faces de la grille [du fait du pas relatif infiniment petit des aubages, la traversée (R) de la roue par une molécule fluide est infiniment brève vis-à-vis de l'évolution du champ général instationnaire (R) due à la propagation du décollement], on obtient entre les composantes harmoniques amont, en se servant de (1), (2), (3), (4), la relation linéarisée

$$(5) \qquad 2W[w_0(1 + \operatorname{tg}^2\alpha_*) - 2v_0(\operatorname{tg}\alpha_* - \operatorname{tg}\theta)] = \frac{2(P - \bar{p})}{\rho} + U^2 - W^2(1 + \operatorname{tg}^2\alpha_*),$$

où $\bar{p}$ est la pression asymptotique aval, uniforme, et P la pression d'arrêt du mouvement absolu amont ; on écrira pour simplifier

$$(5') \qquad w_0 - v_0 \operatorname{cotg}\beta = b.$$

Une relation d'un type analogue

$$(6) \qquad w_0 - v_0 \operatorname{cotg}\gamma = c$$

s'obtiendrait de même entre les composantes harmoniques amont à l'abord d'une *zone de décollement,* l'expression exacte des constantes (c, γ) ne faisant que traduire telle ou telle hypothèse sur l'effet énergétique du décollement des profils.

La détermination de la perturbation (D) amont par les conditions de Hilbert (5') et (6) est immédiate ; en adoptant pour les zones de décollement les intervalles $[(2k-\nu)\pi \leqq y \leqq (2k+\nu)\pi;\ k = \pm 1, \pm 2, \ldots]$, et avec $z = x + iy$, on a la *solution à singularité minimum*

$$(7) \qquad w - iv = \frac{b \operatorname{tg}\beta - c \operatorname{tg}\gamma + i(c - b) \operatorname{tg}\beta \operatorname{tg}\gamma}{\operatorname{tg}\beta - \operatorname{tg}\gamma} + \lambda e^{-i\beta} \left[\frac{e^{-i\nu\pi - z} - 1}{e^{-z} - e^{-i\nu\pi}}\right]^{\frac{\gamma - \beta}{\pi}},$$

la constante λ étant telle que (w, v) s'annule pour $x = -\infty$.

5. Les points $y = (2k \pm \nu)\pi$ en front et en queue de propagation du décollement correspondent nécessairement à une incidence (R) locale de la grille

égale à la valeur critique $\hat{\alpha}$; cette condition détermine b et β

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\hat{\alpha}, \qquad b = \frac{U}{\operatorname{tg}\hat{\alpha}} - W,$$

indépendamment de c et γ. On en déduit la vitesse de propagation du décollement

$$V = U - W\frac{(1+\operatorname{tg}^2)\alpha_*}{2\operatorname{tg}\hat{\alpha}}, \tag{8}$$

et l'augmentation de pression finale de la grille

$$\frac{\bar{p}}{\rho} = \frac{P}{\rho} + \frac{U^2 - W^2(1+\operatorname{tg}^2\alpha_*)}{2} - W^2(1+\operatorname{tg}^2\alpha_*)\left(\frac{U}{W\operatorname{tg}\hat{\alpha}} - 1\right). \tag{9}$$

On vérifie par ailleurs aisément que *l'incidence* (R) *locale de la grille reste saturée à sa valeur maximum* $\hat{\alpha}$ *sur toute l'étendue des segments correspondant aux zones de non décollement.*

(1) F. E. Marble, *J. Aeron. Sc.*, 22, n° 8, 1955, p. 541-544; R. Sears, *Z. angew. Math. Phys.*, 6, n° 6, 1955, p. 429-455.
(2) W. C. Cornell, *Proc. Second Nat. Cong. Appl. Mech.*, New-York, 1955, p. 705-713.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur la correction d'encastrement dans les essais de flexion.* Note (*) de M. **Paul Le Rolland**, Mme **Élisabeth Plenard** et M. **Pierre Pesenti**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les observations photoélasticimétriques ne laissent aucun doute sur le fait que dans la flexion d'une poutre encastrée, la matière est sensible à l'effort fléchissant à l'intérieur même de l'encastrement, contrairement à l'une des hypothèses fondamentales de Bernoulli.

Dans l'application des formules déduites de la théorie de la Résistance des Matériaux il y a donc lieu, si l'on veut obtenir une précision suffisante, de remplacer la longueur libre (l) de l'éprouvette par une longueur corrigée ($l+\varepsilon$) Quel est l'ordre de grandeur de cette correction et à quelles lois obéit-elle? Telles sont les questions auxquelles nous avons demandé à l'expérience de répondre.

La nécessité d'une telle correction nous est apparue au cours d'une étude de la résistance élastique de tiges homogènes de diverses substances, faites en vue de déterminer leur module d'Young.

La méthode utilisée, dont le principe a été donné par l'un de nous (1), consiste à coupler deux pendules identiques par l'intermédiaire de l'organe élastique (éprouvettes cylindriques encastrées verticalement) et à observer la durée (τ) des battements entre ces pendules. Si le dispositif expérimental est

conçu de façon à ce que l'on puisse négliger le couple qui agit sur l'éprouvette (condition aisément réalisable) et s'il s'agit de pendules de gravité (masse M, période T, moment d'inertie par rapport à l'arête des couteaux I), la résistance élastique ou « rigidité », mesurée par le rapport $K = X/a$ de l'effort horizontal X exercé par les pendules à la flèche a qu'il provoque, est donnée en fonction de τ par la relation

$$(1) \qquad K = \frac{4\pi^2 M}{T^2}\,\frac{1-\alpha}{2-\alpha}\left[\frac{Mh^2}{I} + \alpha(2-\alpha)\left(1 - \frac{Mh^2}{I} + \frac{m}{2M}\right)\right]\tau \qquad \text{avec} \quad \alpha = \frac{T}{\tau}.$$

Dans cette relation (dont l'établissement sortirait du cadre de la présente Note) m est la masse qui permet de tenir compte des forces d'inertie de translation du système (masse de la plate-forme support des pendules à laquelle on ajoute la fraction 33/140 de la masse de l'éprouvette).

D'autre part, la rigidité K se déduit des principes de la théorie de la Résistance des Matériaux (flexion composée) et si $\mathfrak{P}$ est le poids total que supporte l'éprouvette, on trouve

$$(2) \qquad K = \frac{\mathfrak{P}}{l - \frac{1}{\omega}\,\mathrm{th}\,\omega l}, \qquad \text{en posant} \quad \omega = \sqrt{\frac{\mathfrak{P}}{EJ}},$$

E est ici le module d'Young de la tige et J son moment d'inertie transversal. Pratiquement ω est toujours assez faible pour que l'on puisse limiter le développement de $\mathrm{th}\,\omega l$ à ses deux premiers termes et finalement on peut écrire

$$(3) \qquad K = \frac{3EJ}{l^3} + \frac{6}{5}\,\frac{\mathfrak{P}}{l} = K_0 + \frac{6}{5}\,\frac{\mathfrak{P}}{l}.$$

En fait, le terme en $\mathfrak{P}/l$ reste toujours petit par rapport à K_0, rigidité en flexion simple.

L'expérience montre que, pour une éprouvette déterminée, la valeur de K déduite de la relation (1) est bien (à 1/200e près) indépendante des éléments géométriques et physiques qui caractérisent les pendules (c'est-à-dire de l'effort X, mais que par contre, le module d'Young obtenu à l'aide de la formule (3) semble croître à mesure que la longueur de l'éprouvette augmente (par exemple, avec une éprouvette de fonte de 6 mm de diamètre, le module semble augmenter de 5 % environ quand cette longueur passe de 10 à 20 cm).

Il y a là une évidente anomalie, que nous chercherons à expliquer en posant, comme il est suggéré ci-dessus

$$K_0 = \frac{3EJ}{(l+\varepsilon)^3}.$$

La correction ε restant dans nos expériences toujours petite par rapport à l,

nous pouvons écrire sensiblement

$$\frac{1}{K_0 l^2} = \frac{l}{3EJ} + \frac{\varepsilon}{EJ} \qquad (4)$$

car le terme en $\mathfrak{T}/l$ n'est que très faiblement affecté par la correction ε.

Or l'expérience montre :

1° que pour un mode d'encastrement donné de l'éprouvette, et pour des longueurs de cette dernière supérieures à dix fois son diamètre les points représentatifs de la fonction $1/K_0 l^2 = f(l)$ se placent exactement sur une droite;

2° qu'en modifiant le serrage de l'éprouvette dans les mors d'encastrement (à l'aide de ressorts tarés), on obtient des droites qui sont rigoureusement parallèles les unes aux autres.

Ces deux résultats ne peuvent s'interpréter qu'en affirmant que la correction ε est indépendante de la longueur de l'éprouvette.

A mesure que l'on augmente le serrage, la valeur de ε diminue et elle tend vers une limite *égale sensiblement au rayon de l'éprouvette*. (Cette valeur limite est par exemple de 3,1 mm pour une éprouvette de fonte de 6,0 mm de diamètre.)

Une étude systématique de l'encastrement peut alors être faite en déterminant cette valeur limite qui en définit l'efficacité plus ou moins grande.

Les considérations précédentes doivent évidemment être valables dans tous les cas de flexion avec encastrement.

L'éprouvette utilisée dans l'un des essais pendulaires, étant fixée horizontalement dans le même dispositif d'encastrement (et avec le même serrage), nous avons constaté que dans un essai de flexion statique simple où les flèches étaient mesurées à 0,1 μ près, les points représentatifs de la fonction $1/K_0 l^2$ se plaçaient exactement sur la droite (4) relative à l'essai pendulaire.

Nous pouvions, d'autre part, penser *a priori* que dans le cas de la flexion d'une éprouvette entre appuis simples, la correction de longueur ne devait pas intervenir. C'est bien ce que l'expérience nous a montré, le module mesuré dans ces conditions étant identique à celui que l'on obtient dans les essais avec encastrement.

Nous voyons donc que dans toutes les méthodes de détermination du module d'élasticité utilisant la flexion d'une éprouvette encastrée, il faut, pour obtenir une précision suffisante, tenir compte d'une correction de longueur sensiblement égale au rayon et indépendante à la fois de l'effort de flexion et de la longueur de l'éprouvette. Ces méthodes qui nécessitent au moins deux observations ont donc le caractère de méthodes « différentielles ».

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) P. LE ROLLAND, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 536.

ASTROPHYSIQUE. — *Variations rapides dans le temps de la Couronne monochromatique verte.* Note (*) de MM. **Marcel Gentili di Giuseppe** et **Michel Trellis**, présentée par M. André Danjon.

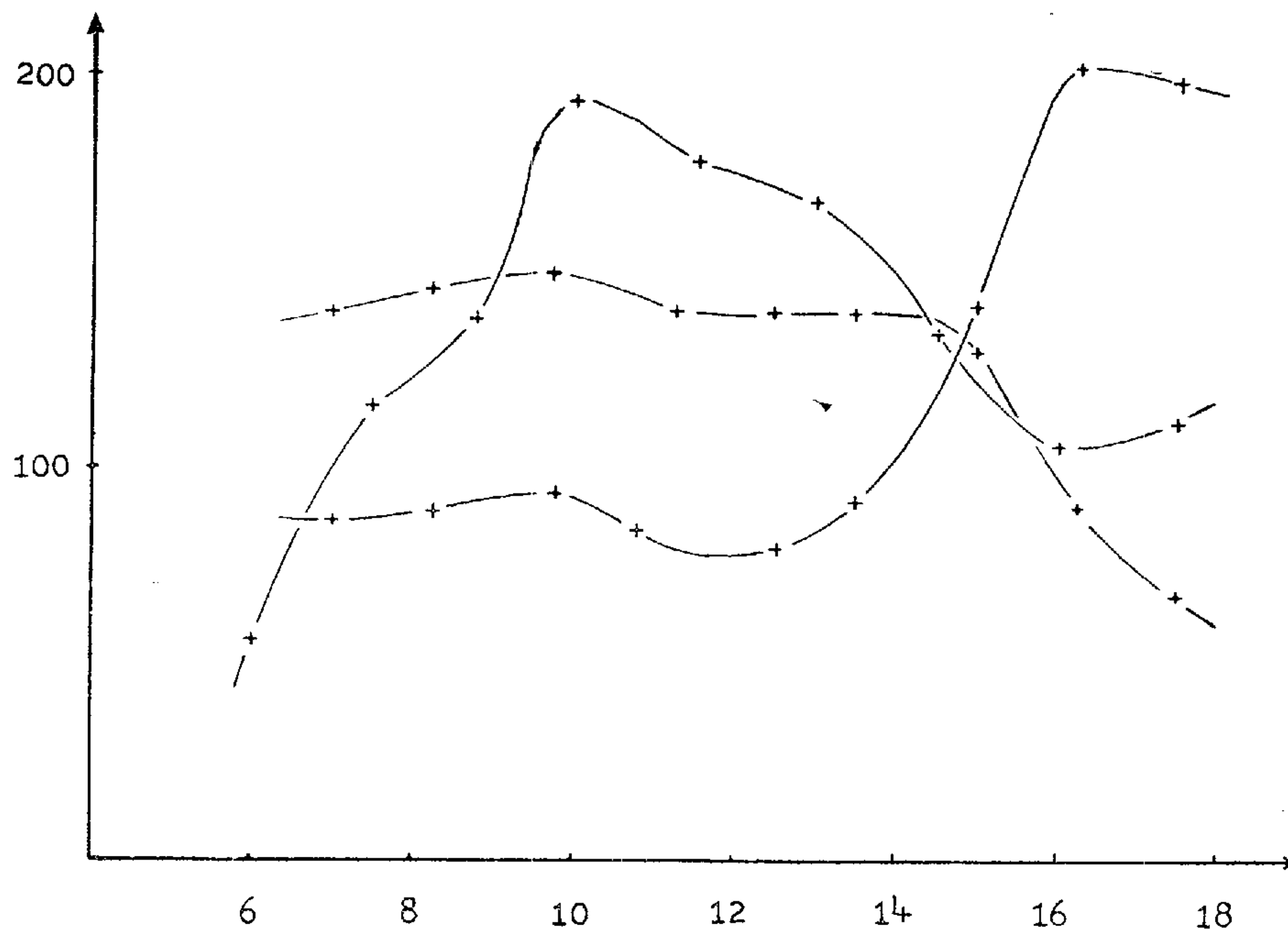
L'intensité de la raie 5 303 Å de la Couronne solaire, mesurée à une distance constante de la surface, varie d'un jour à l'autre pour deux raisons : la rotation du Soleil d'une part, et les variations propres de la Couronne d'autre part.

L'évolution des mesures quotidiennes, qui est la résultante de ces deux phénomènes, ne permet donc pas de connaître directement la variation d'intensité propre de la Couronne dans le temps. Certains indices, cependant, permettaient de penser que cette variation peut être parfois importante. Il arrive par exemple que, pour un angle de position donné, l'intensité observée varie dans un rapport de 1 à 4 d'un jour à l'autre. Si cette variation de l'éclat apparent était due uniquement à la rotation solaire et au changement de perspective qui en découle, cela conduirait à adopter dans certains cas une décroissance de l'intensité avec l'altitude beaucoup plus rapide que celle qui s'observe en général.

Pour savoir, donc, si ces sauts importants de l'intensité étaient dus à une variation propre de la Couronne à la surface du Soleil ou à une anomalie dans la décroissance de l'intensité avec l'altitude, nous avons profité de deux belles journées pendant le mois d'août 1956, pour observer au Coronographe du Pic du Midi de façon aussi continue que possible, c'est-à-dire à raison d'une série de mesures toutes les heures environ. La comparaison des résultats obtenus montre, pour certaines régions de la Couronne, des variations d'éclat considérables, allant parfois du simple au double en l'espace de 2 ou 3 h (*fig.* 1).

La première question qui se pose naturellement est celle de la validité des mesures. On a procédé ces dernières années à un certain nombre de vérifications tendant à établir ce point. En particulier, le passage au microphotomètre d'un cliché pris à l'éclipse totale de Khartoum de 1952 en lumière monochromatique verte donne une courbe très voisine de celle obtenue au Pic du Midi au même moment [1]. D'autre part, les spectres obtenus par MM. J. Rösch et M. Hugon [2], montrant la raie coronale et la raie artificielle servant à faire la mesure, indiquent un très bon accord avec les mesures visuelles. Quant à la question de la distance au bord à laquelle sont faites les mesures, qui a été discutée par l'un de nous [3], elle ne semble pas pouvoir donner lieu à une interprétation de ces variations rapides. Enfin on s'expliquerait mal une origine opératoire de ces variations observées, étant donné que deux observateurs, au même moment, trouvent des résultats très concordants. Il semble donc que les

incertitudes provenant du système de mesure soient insuffisantes pour rendre compte des variations d'éclat observées.



Courbes de lumière de trois jets coronaux.
Les heures sont portées en abscisses et les intensités en ordonnées.

Si ces variations rapides sont fréquentes, ce à quoi l'on peut s'attendre en période d'activité, on conçoit combien le matériel d'observation qu'on possède jusqu'à présent est insuffisant. Les travaux statistiques ne devraient pas être affectés par ce phénomène, mais il explique sans doute en partie la difficulté qu'on a à établir des corrélations entre l'intensité de la Couronne et diverses autres manifestations de l'activité solaire.

De toutes façons, il ne faut pas perdre de vue que le problème posé fait intervenir les trois coordonnées spatiales de la source, l'énergie qu'elle émet et le temps. Or les mesures actuelles donnent seulement l'intégrale de la fonction source le long du rayon visuel, en fonction d'un seul paramètre géométrique (angle de position, la distance au bord étant fixe), et pour une suite discrète de valeurs du temps. Le perfectionnement des moyens d'observation permettra bientôt, d'une part de resserrer les intervalles de ces valeurs par l'accélération des mesures, d'autre part d'obtenir l'intégrale de la fonction source simultanément sur une double infinité de droites, en fonction de l'angle de position et de la distance au centre. Les données seront alors infiniment plus riches et permettront une meilleure compréhension des phénomènes, mais il nous a paru utile de signaler dès maintenant l'importance du facteur temps.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) R. Michard, A. Dollfus, J.-C. Pecker, M. Laffineur et Mme M. d'Azambuja, *Contributions de l'Institut d'Astrophysique*, série B, n° 116.

(2) *Communication à l'Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale*, Dublin, 1955.

(3) M. Trellis, *Thèse*, 1956 (à paraître).

ASTROPHYSIQUE. — *Polarisation de la lumière émise par la nébuleuse du Crabe.* Note (*) de Mme **Marie-Thérèse Martel**, présentée par M. André Danjon.

De nouvelles mesures ont permis d'évaluer la polarisation de 29 aires circulaires de 8″ de diamètre. La lumière de la masse « amorphe » est fortement polarisée : en neuf régions, les taux de polarisation observés dépassent 25 % et parfois 40 %. La direction du plan de polarisation coïncide avec celle des filaments découverts par Baade, dans toutes les régions où la structure filamenteuse n'est pas trop emmêlée.

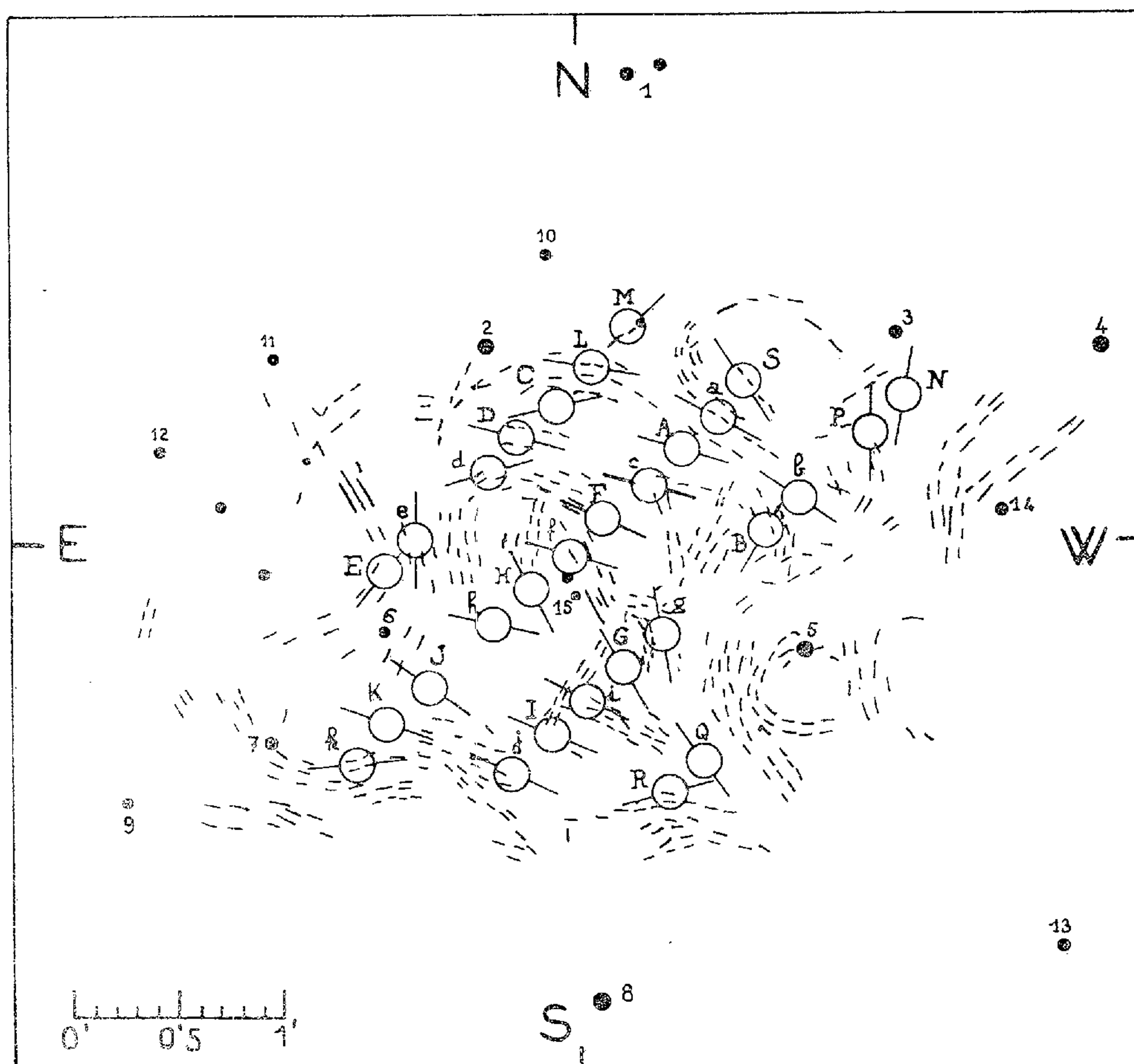
Dans une précédente Note (1) j'ai indiqué les résultats de mes mesures préliminaires concernant la polarisation de la lumière émise par la nébuleuse du Crabe, observée dans les domaines spectraux 4 000-5 000 Å et 5 200-5 800 Å.

J'ai complété ces mesures, en reprenant entièrement le dépouillement des clichés obtenus, en novembre 1955, avec un polarigraphe de type Ohman. D'après la méthode déjà décrite, j'ai déterminé le taux de polarisation P et l'angle de position θ du plan de polarisation (vecteur magnétique) compté de 0 à 180° du Nord vers l'Est, sur 29 aires de 8″ de diamètre, désignées à l'intérieur de la nébuleuse par les lettres *a*, *b*, ..., *k* et A, B, ..., S. Au cours de cette nouvelle série de mesures, j'ai calculé, une deuxième fois, la polarisation des aires *a*, *b*, ..., *k* mesurées antérieurement.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque aire mesurée, les valeurs de P et θ ainsi que l'erreur absolue commise sur celles-ci ΔP et Δθ.

Aires.	P (%).	ΔP.	θ.	Δθ.	Aires.	P (%).	ΔP.	θ.	Δθ.
a.....	43,5	±1,5	61°,5	±1,5	D.....	23	±0,5	75°,5	±0,5
b.....	12,5	±3	54	±3	E.....	25	±3	144	±3
c.....	22	±3	75	±3	F.....	31	±2	64	±3
d.....	28	±3	107	±3	G.....	28	±2,5	33	±2
e.....	18	±0	179	±1	H.....	9,5	±3	28	±3
f.....	22	±2	70	±3	I.....	11	±3	70	±3
g.....	17	±0	10	±0	J.....	18	±3	54	±3
h.....	20	±5	76	±6	K.....	38,5	±3	70	±3
i.....	37	±5	61,5	±6	L.....	13,5	±3	81,5	±3
j.....	35,5	±0.5	64,5	±1,5	M.....	7	±3	135	±3
k.....	27,5	±2,5	92.5	±0.5	N.....	17	±3	10	±5
					P.....	7	±1	0	±3
A.....	19,5	±1.5	75,5	±1	Q.....	17,5	±3	77	±3
B.....	9,5	±5	152	±6	R.....	19	±3	105	±3
C.....	20	±2	101,5	±1,5	S.....	15	±3	34	±3

La figure ci-dessous, reproduit les filaments de la masse « amorphe » de la nébuleuse, dessinés par Oort et Walraven ([2]) et situe les régions mesurées (figurées chacune par un cercle de 8″ de diamètre). En chaque région, un trait indique la direction du vecteur magnétique de la lumière.



Les résultats de l'ensemble des mesures polarimétriques, effectuées sur des aires de 8″ de diamètre, présentent les caractères suivants :

1° La direction du plan de polarisation change rapidement d'une région à une autre, surtout si l'on considère les régions assez proches des bords de la nébuleuse, soient les aires [L, M, D, *d*, C, *e*, E] soient les aires [Q, R].

2° La direction du plan de polarisation semble partout confondue avec celle des filaments de la masse considérée antérieurement comme « amorphe ». Ceci est particulièrement net sur les régions nébulaires traversées par de nombreux filaments ayant approximativement la même direction (aires *a*, *i*, *j*, *k*, E, D, L) et sur les régions traversées par un seul filament (aires M, S).

3° L'aire *a*, présentant un taux de polarisation très élevé (P = 43,5 %), fait partie d'une portion nébulaire très brillante en 1955, située à 70″ de l'étoile double centrale suivant un angle de position de 330°, et dont les changements d'éclat sont importants depuis leur découverte ([2]).

(*) Séance du 19 novembre 1956.

([1]) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1847.

([2]) *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, **12**, 1956, p. 289 (*fig.* 15) et p. 293.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'équivalence entre information et entropie et sur l'irréversibilité en physique.* Note (*) de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Relation entre les schémas de l'opération de mesure physique de J. von Neumann ([1]) et de L. Brillouin ([2]). Équivalence entre le principe macroscopique des ondes retardées et celui de la croissance de l'entropie. Le théorème de L. Brillouin et la flèche du temps.

1. Il y a parenté, et contraste sur un point précis, entre deux analyses du processus de la mesure physique : celle de J. von Neumann ([1]), où l'objet mesuré et l'appareillage sont traités comme des systèmes quantifiés entrant en interaction pendant un intervalle de temps fini, et celle par laquelle L. Brillouin ([2]) établit l'équivalence entre *information* et *entropie* dans le rapport k Log 2.

L'interaction de mesure de von Neumann est caractérisée par ceci que l'arrêt de l'interaction laisse chacun des deux systèmes sur un état pur, avec une correspondance biunivoque entre les indices de numération des deux bases orthogonales ([3]). Or, réduit à l'essentiel, le schéma de L. Brillouin est exactement le même, ainsi qu'on le vérifie sur l'exemple type de la lecture d'une bande Morse composée en caractères binaires.

Ce parallélisme entre les deux schémas descriptifs rend d'autant plus frappant leur contraste sur le point que voici. Chez von Neumann, l'information acquise par la lecture de l'appareil n'est pas explicitement considérée comme dispersée ensuite sous forme d'entropie; le point essentiel consiste au contraire en le discernement précis de cette information, qu'on peut ainsi traduire : « le nombre d'occupation de tel état orthogonal de l'appareillage vaut 1 » ou bien « l'aiguille indicatrice marque telle case du cadran ». Chez L. Brillouin l'on n'insiste pas sur cet aspect de l'opération, qui existe pourtant, comme on s'en assure sur l'exemple cité ([2]); par contre, le point essentiel est que l'énergie δW reçue lors de la mesure est ensuite dégradée en chaleur : $\delta W = T\,\delta S$, T désignant la température de l'appareillage supposé en équilibre thermique; il reviendrait au même

de dire que le nombre d'occupation 1 ayant été trouvé dans une case, on le laisse ensuite se perdre au hasard dans la collection complète des cases possibles.

En bref, von Neumann et L. Brillouin s'attachent à deux aspects différents du même processus : l'un analyse en détail le phénomène élémentaire, l'autre son rattachement macroscopique à une statistique de grands ensembles.

2. Nous avons montré sur des exemples (¹) que la loi macroscopique des ondes retardées à nombres d'occupation entiers n'est rien d'autre qu'un aspect du principe de la croissance de l'entropie. Voici le principe d'une démonstration générale de ce fait, donnée dans le cadre de la théorie des collectifs de von Neumann (²).

Von Neumann a montré que si l'on effectue, dans les mêmes conditions spatiotemporelles, la même mesure sur tous les constituants d'un collectif, la plus grande valeur des différents poids statistiques n'est jamais augmentée par la transition; ceci exprime l'irréversibilité du processus de mesure, comme une tendance à l'égalisation des nombres d'occupation. C'est bien ainsi que les choses se passent expérimentalement, le phénomène décrit étant celui des diffusions successives d'une onde retardée, avec la cohérence des phases et la possibilité d'interférence des probabilités (ou des fréquences statistiques dans le langage macroscopique).

Remarquons bien que la théorie de von Neumann recèle le même paradoxe que la mécanique statistique classique : de soi, elle ignore toute dissymétrie entre avenir et passé. Appliquée en prédiction, elle décrit le fonctionnement, conforme au principe de Carnot, de notre univers familier, où les évolutions sont définies par leurs conditions initiales, où la prévision est possible, mais la rétrodiction impossible sans hypothèses extrinsèques à la dynamique du système en étude (l'incidence de ces hypothèses est traduite par les coefficients arbitraires de la formule de Bayes). Au contraire, appliquée aveuglément en rétrodiction, la théorie de von Neumann, tout comme la mécanique statistique classique, décrit un cosmos paradoxal où toute évolution serait définie par ses conditions finales, où la prévision serait impossible [comme y a insisté Poincaré (⁶)], mais où la rétrodiction aveugle serait possible. Dans ce cosmos paradoxal, on assisterait à la « *con-fusion en phase* » d'ondes avancées.

Concluons : A. La statistique des collectifs *à elle seule* ne suffit, pas plus en mécanique ondulatoire qu'en mécanique newtonienne, à expliquer l'irréversibilité objective des phénomènes; il faut y ajouter la *règle* qu'un état improbable du collectif peut être posé comme condition initiale, mais non comme condition finale. C'est là, si l'on veut, l'énoncé d'un principe de causalité et l'exclusion d'un principe de finalité, mais il faut bien voir que *la validité de ce principe est essentiellement macroscopique.*

B. Il y a coïncidence entre le principe (macroscopique) des ondes divergentes et celui de la croissance de l'entropie, lorsque ce dernier est énoncé avec la mécanique ondulatoire plutôt que la newtonienne, comme mécanique de base.

3. Reprenons maintenant tout ce qui précède dans le langage spatio-temporel de Minkowski. Ce qu'il y a d'*objectif* dans la flèche du temps, c'est l'ordonnance des états tridimensionnels curvilignes σ de l'univers suivant des valeurs monotones de l'entropie; et ce qu'il y a de *subjectif* est le sens d'exploration de la 4e dimension de l'espace-temps par les psychismes vivants et conscients. Peut-on formuler un principe qui rende compte de ce sens d'exploration ?

Rappelons l'énoncé du théorème de L. Brillouin : toute information acquise au moyen d'une expérience macroscopique est payée par la dépense d'une néguentropie existante au moins égale. Le principe cherché est donc un *principe de croissance de l'information* d'origine expérimentale macroscopique.

Soit dit en passant, cette analyse révèle, au sein du principe de causalité si familier, un élément subjectif (qu'on ne soupçonnait guère *a priori*) à côté d'un élément objectif.

(*) Séance du 10 novembre 1956.

(1) *Les fondements mathématiques de la Mécanique quantique*, Paris, 1946, chap. 6.

(2) *Science and information theory*, New York, 1956, *voir* principalement chap. 18.

(3) C'est la situation où E. Schrödinger voit « de la magie » : *Naturwissenschaften*, 23, 1935, p. 787, 823 et 844.

(4) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 658 et 241, 1955, p. 1721. Nous venons de nous aviser que la connexion entre les principes macroscopiques des ondes retardées et de la croissance de l'entropie a été discutée par Einstein et Ritz, (*Physik. Zeits*, 10, 1909, p. 333.

(5) Référence (1), chap. 4 et 5.

(6) *Le Hasard*, in *Science et Méthode*.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul des premières excitations dans les substances magnétiques*. Note (*) de M. **Pierre-Gilles de Gennes**, présentée par M. Francis Perrin.

Le spectre des ondes de spin est calculable par les mesures de diffusion *élastique* des neutrons, ainsi que l'énergie de torsion d'une paroi de Bloch.

A. Étant donné une substance ferro- ou ferrimagnétique dans son état fondamental, nous divisons les électrons qu'elle contient en deux classes :

a. les électrons « profonds » groupés par paires;

b. les « porteurs » de magnétisme, non appariés.

On admettra que l'action des électrons profonds sur les porteurs se résume en un *potentiel* indépendant des vitesses (et qui a la périodicité du réseau) avec modification éventuelle de la forme d'interaction des porteurs (supposée indépendante des vitesses et des spins). On néglige les couplages spin orbite et magnétique.

Soit $\psi_0 = \varphi_0 | SS_z >$ la fonction d'onde du niveau fondamental, où les porteurs sont supposés alignés (l'extension au cas général est facile) φ_0 est la partie spatiale (fonction dans l'espace à $3n$ dimensions) S le nombre quantique de spin du système total des porteurs. S_z est pris égal à — S par convention. Une comparaison détaillée des types connus d'excitations élémentaires (1), (2), (3) conduit à prendre comme fonction d'essai pour décrire l'onde de spin

$$\psi = \sum_{i=1}^{i=n} f(\vec{r}_i) S_i^+ \psi_0, \tag{1}$$

$f(r)$ est une fonction dans l'espace à trois dimensions dont on déduit la forme par le principe variationnel sur l'énergie. L'équation qui donne f est

$$-\frac{h^2}{2m} \nabla(A \nabla f(\vec{r})) = EAf, \tag{2}$$

où m est la masse électronique vraie ;

$$A(r) = \sum_i < S_i^- S_i^+ \delta(\vec{r} - \vec{r}_i) >$$

est la densité locale de porteurs dans l'état fondamental. [Les composantes de Fourier de $A(\vec{r})$ seront désignées par $c(\vec{\tau})$.]

B. Les solutions ont les propriétés suivantes :

a. l'équation de continuité est satisfaite pour l'ensemble du « fluide d'électrons » ;

b. $f(\vec{r})$ a la forme $u_k(\vec{r}) e^{j\vec{k}\vec{r}}$ où $u_k(\vec{r})$ est périodique avec la période du réseau. L'aspect général du spectre est celui d'une bande. Pour $k \to 0$ l'énergie est quadratique en k_x, k_y, k_z. Les solutions ψ_k relatives à des k différents sont orthogonales (ce qui justifie l'emploi du principe variationnel) ;

c. pour le calcul de la « masse effective » des excitations $m^*(k \to 0)$ la solution de (2) peut être prise de module constant

$$f_k(\vec{r}) \simeq e^{j\varphi_k(\vec{r})}. \tag{3}$$

d. Il est possible de calculer la masse effective à partir des facteurs de structure déterminés par la diffusion magnétique élastique des neutrons. Pour un cristal *cubique centré* par exemple, une approximation assez satisfaisante est donnée par

$$\frac{m}{m^*} = 1 - 4 \frac{|c(\vec{\tau}_1)|^2}{1 + c(\vec{\tau}_1) + c(\vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2) + c(2\vec{\tau}_1)}$$

où les $\vec{\tau}_i$ désignent des vecteurs du réseau réciproque et les $c(\vec{\tau}_i)$ sont les facteurs de structure correspondants. O, $\vec{\tau}_1$ et $\vec{\tau}_2$ sont mutuellement premiers voisins dans le réseau réciproque [ce qui suffit à définir (4)].

C. La correspondance entre ondes de spin et paroi de Bloch a été établie sur des cas spéciaux (4). On peut la formuler ici sans hypothèse supplémentaire. Soit une paroi dans le plan yOz. La fonction d'ondes doit satisfaire à la condition

$$\psi(\vec{r}_1+\vec{\varepsilon}, \vec{r}_2+\vec{\varepsilon}; \vec{r}_n+\vec{\varepsilon}) = \psi(r_1\ldots r_n) + j\vec{k}.\vec{\varepsilon}\sum_i S_{yi}\psi(r_1\ldots r_n) \tag{5}$$

qui assure une rotatien d'angle $\vec{k}.\vec{\varepsilon}$ de l'aimantation autour de Oy pour un déplacement d'ensemble des électrons de $\vec{\varepsilon}$ (Ox étant la direction de $\vec{k}$). On doit avoir $k\varepsilon \ll 1$; $\vec{\varepsilon}$, nombre entier de périodes du réseau.

La forme préférable, pour une rotation hélicoïdale, est

$$\psi = \exp\left[j\sum_i S_y{}^i \varphi_{\vec{K}}(\vec{r}_i)\right]\psi_0, \tag{6}$$

où les $\varphi_k(\vec{r})$ sont définis par (3).

L'énergie de torsion est

$$E_t = N\frac{\hbar^2 k^2}{8m^*}, \tag{7}$$

où N est le nombre moyen de porteurs dans la paroi.

D. En conclusion, il semble que la méthode variationnelle permette d'utiliser au maximum les données expérimentales dans l'étude du spectre et des propriétés connexes. On doit attendre les résultats de la diffraction de neutrons pour estimer la validité de l'hypothèse physique citée en A et de la forme variationnelle simple (1) pour les métaux et les substances magnétiques isolantes. (La méthode s'étend facilement aux antiferromagnétiques, mais elle ne tient compte de l'anisotropie que par ψ_0). En particulier, la présence d'interactions compliquées (superéchange, etc.) ne modifierait pas le traitement.

Enfin, pour les métaux, comme l'a montré Slater (5), les excitations d'ondes de spin ne modifient pratiquement pas la *densité* des niveaux prévus par la théorie des bandes. Mais les ondes de spin participent à la formation du champ moléculaire. Les équations de Stoner (6) doivent être modifiées en conséquence aux températures basses et intermédiaires.

(*) Séance du 12 novembre 1956.
(1) FEYNMAN, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 262.
(2) BOHM et PINES, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 609.
(3) KITTEL et HERRING, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 869.
(4) HERRING, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p, 1003; 87, 1952, p. 60.
(5) *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 198.
(6) *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p, 372 et références incluses.

MÉTROLOGIE. — *Le dépouillement des expériences par la méthode de moindre imprécision ou par la méthode des moindres carrés.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Pérard.

La méthode idéale de dépouillement impose à l'imprécision des données une influence minimum sur le résultat cherché. Si l'on résolvait un système surabondant par une moyenne de toutes les solutions possibles; on aurait, mais seulement en ce qui concerne le terme de plus haut degré m et les termes de degrés $m-2i$, les mêmes coefficients que par les moindres carrés, pour une loi représentative polynome.

1. Une grandeur physique G apparaissant comme une fonction des paramètres A, B, C, ... d'une loi expérimentale $y(x)$, nous avons déjà insisté (1) sur le fait que la meilleure méthode de détermination de G devait faire appel à la loi y : à cet effet, le dépouillement des expériences instituées doit être conduit de manière que les imprécisions δy_i frappant les mesures n'entraînent qu'une imprécision δG aussi faible que possible. Pour ce faire (2), l'intervalle expérimental est partagé, au moyen de bornes α, β,... en autant d'intervalles partiels que la loi comporte de paramètres, et l'on identifie, dans chacun d'eux, les valeurs moyennes de la donnée et de sa représentation, les bornes se calculant par la condition que, dans l'expression de δG, tous les δy_i aient le même coefficient en valeur absolue, ce qui, dans cette procédure, réalise le minimum des cofficients d'influence. Cette méthode sera assimilée à la véritable méthode de *moindre imprécision* dont les résultats, moins simples, ne sont qu'à peine meilleurs (3).

La somme algébrique des imprécisions de chaque groupe est donc posée nulle, ce qui leur donne, à chacun, une signification physique. Frappé par la grande différence des abondances de leurs ordonnées, nous avions, par scrupule, voulu permettre des coefficients moins petits aux groupes les plus nombreux (1). C'était, en réalité, une confusion entre deux idées : l'influence minimum de chaque mesure dans la précision du résultat, et le calcul effectif de l'imprécision résiduelle à redouter. Nous avons progressivement quitté cette confusion, d'abord en considérant qu'il fallait grouper séparément, pour la pondération, toutes les imprécisions affectées du même signe par la formule, ce qui ne donnait plus que deux poids (4), puis, aujourd'hui, en reconnaissant qu'il n'y avait pas lieu de pondérer, la distinction de signe entre deux catégories d'imprécisions étant physiquement artificielle. L'imprécision G sera donc obtenue sous la forme

$$\delta G = M[(\varepsilon_1 + \ldots + \varepsilon_k) \pm (\varepsilon_{k+1} + \ldots + \varepsilon_l) \pm (\varepsilon_{l+1} \ldots + \varepsilon_m) \pm \ldots \pm (\varepsilon_{p-1} + \ldots + \varepsilon_q)],$$

et elle sera bornée, d'après la conception classique, par l'expression $M\sqrt{\Sigma\varepsilon_i^2}/\sqrt{q}$.

2. La loi $y(x)$ ne doit donc pas être déterminée par la méthode des moindres carrés qui, même si elle avait en l'espèce un fondement physique, ne pourrait

donner que la loi s'écartant en moyenne le moins possible des données, ce qui est tout autre chose que de minimiser l'imprécision du résultat G, cette imprécision exigeant, comme nous l'avons expliqué, pour être minimisée, une procédure différente dans *chaque* problème de mesure. Si la méthode des moindres carrés ne saurait donc être la méthode idéale de dépouillement, elle a cependant l'avantage d'être toujours applicable et prête à être employée, et l'on ne peut donc la rejeter par principe : nous avons même ([5]) pris la peine d'en indiquer une variante moins critiquable.

3. Nous nous proposons ici de faire connaître une propriété curieuse de cette méthode des moindres carrés, qui montrera que, dans son vrai domaine d'emploi (détermination d'une loi expérimentale *pour elle-même* et non en vue de la détermination d'une grandeur) elle n'est pas dénuée de signification physique.

M. Charles Monney, observant que la création des machines à calculer électroniques pouvait rendre exploitable une procédure jadis impensable, nous a suggéré de résoudre un nombre très surabondant N d'équations linéaires approchées à M inconnues ($N \gg M$), non par la méthode, pénible, des moindres carrés, mais par la moyenne de toutes les solutions obtenues en groupant M équations.

Il va de soi que la simple moyenne serait peu judicieuse, les déterminations, approchées, ayant beaucoup moins de précision quand les M équations sont trop voisines. Nous avons voulu nous rendre compte de ce que valait cette procédure, dans le cas de la formulation par une loi polynome, en convenant, ce qui semble raisonnable, de pondérer chaque solution par le déterminant figurant en dénominateur dans la formule de Cramer.

Ne sachant comment aborder théoriquement le problème, nous avons opéré par tâtonnement, sur des polynomes de degré 1, 2 et 3, le nombre des points expérimentaux (équidistants) étant assez faible pour que la procédure, appliquée sans machine, ne fût pas trop rebutante.

Nous avons obtenu ce résultat que, dans une formule représentative polynome, les coefficients du terme de plus haut degré et des termes de degré de même parité, étaient alors donnés par les formules mêmes déduites de la méthode des moindres carrés — ce qui lui confère bien quelque intérêt supplémentaire — alors que, pour les autres coefficients, apparaissent des formules bien plus intéressantes ; car elles font jouer les données de façon plus homogène que la méthode des moindres carrés (en particulier toutes les données sont utilisées).

(*) Séance du 19 novembre 1956.
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 230.
([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2267.
([3]) *Publ. Scient. Techn. Min. Air*, n° 271.
([4]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2389.
([5]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 605.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode de champ alternatif pour la mesure des mobilités d'ions gazeux.* Note (*) de M[me] **Éliane Montel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note antérieure (1) j'ai donné le principe d'une nouvelle méthode utilisant un champ alternatif pour la mesure des mobilités d'ions gazeux.

La chambre d'ionisation à trois compartiments schématisée sur la figure 1 est le siège de champs électriques constants et de même sens dans les compartiments extrêmes, tandis que dans l'espace intermédiaire est établi un champ alternatif de période T qui ne permet aux ions d'un signe donné de franchir les grilles B et C que pendant l'alternance favorable. L'intensité I du courant d'*introduction* au niveau C dans l'espace supérieur est donc variable dans le temps à la fréquence $N = 1/T$ du champ alternatif. Elle se traduit, en vertu de la vitesse d'entraînement $v = kh$ (k, mobilité des ions ; h, champ en CD) par une répartition périodique des charges dans l'espace CD, parallèlement aux plateaux. L'intensité i_m de l'harmonique d'ordre m du courant *observé* à l'instant t, a pour expression (1)

$$i_m = I_m \frac{\sin \alpha_m}{\alpha_m}, \qquad \text{où} \quad \alpha_m = \frac{md}{khT}, \tag{1}$$

i_m étant l'amplitude d'ordre m du courant d'introduction.

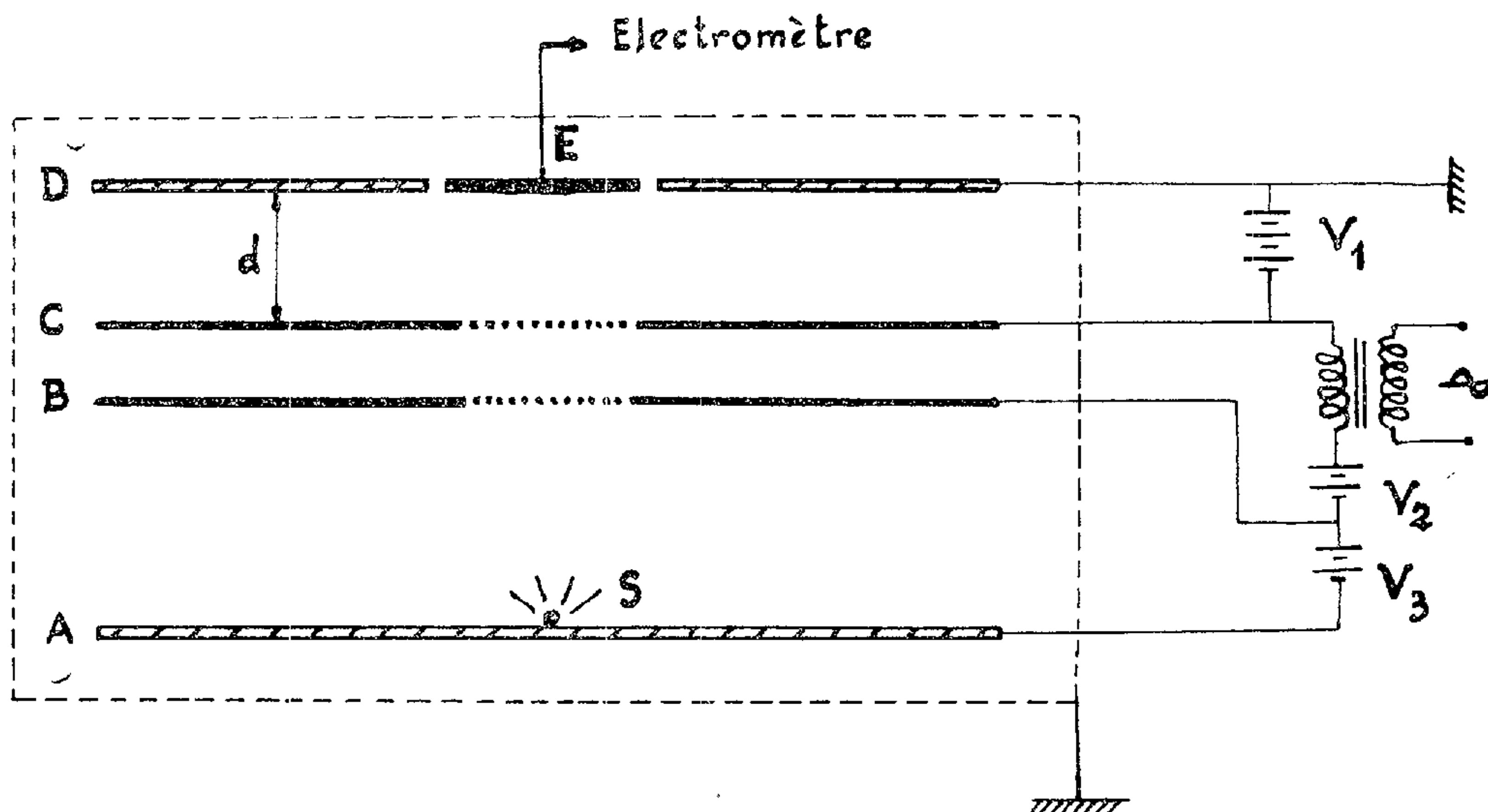


Fig. 1.

Sous la condition que les ions étudiés soient de même espèce et possèdent une mobilité bien définie, i se réduit au terme d'ordre zéro lorsque

$$md = khT = \frac{kh}{N}, \tag{2}$$

et présente, dans tous les cas où cette relation n'est pas satisfaite, une composante alternative résultante dont l'amplitude est fonction de la fréquence utilisée.

L'enregistrement de cette composante alternative elle-même présente de grandes difficultés qui tiennent à l'ensemble des conditions de mesure : faible intensité du courant, fréquence basse du champ, etc. Mais il est possible de déterminer la valeur de N pour laquelle elle s'annule, en étudiant la variation du courant moyen en fonction de la fréquence du champ alternatif, pour des valeurs déterminées de la distance d et du champ h. En effet, si l'on calcule, pendant une période, la valeur moyenne de la série de Fourier correspondant à des valeurs de m soit entières, soit égales à $(2p+1)/2$ (p entier), c'est-à-dire pour les cas extrêmes où les champs en C et D sont, soit en phase, soit en opposition de phase, on obtient, pour le courant moyen observé, dans le premier cas $i_p = i_0/\pi$; dans le deuxième cas $i_{(2p+1)/2} = i_0[(1/\pi)+(1/2)]$ i_0 étant l'amplitude du courant périodique recueilli par l'électrode E. La valeur du courant moyen observé doit donc passer par un minimum lorsque N varie, d et h étant maintenus constants, chaque fois que la relation (2) se trouve satisfaite.

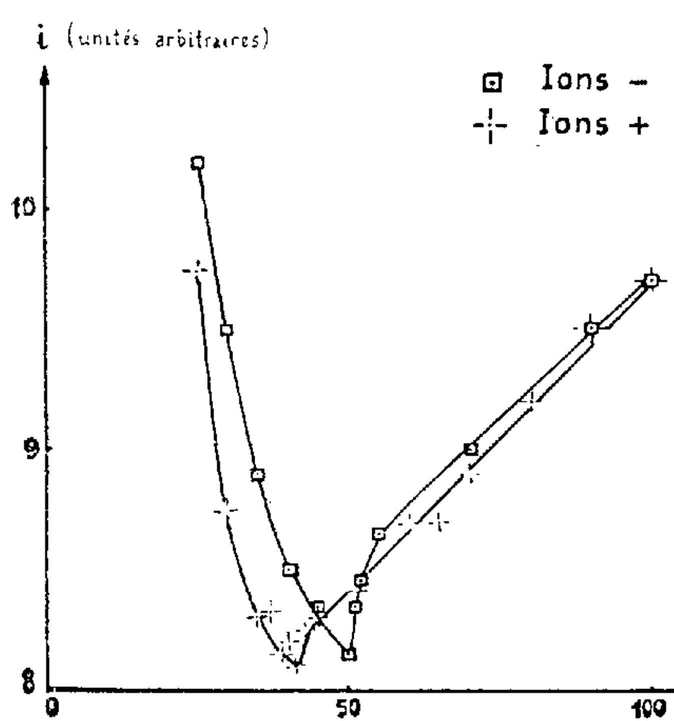


Fig. 2.

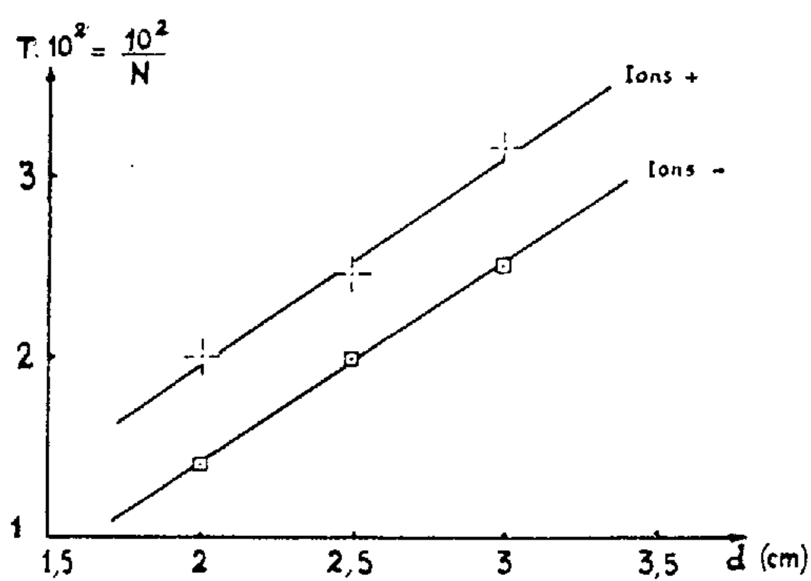


Fig. 3.

Les mesures dont les résultats sont donnés ici ont été effectuées pour $m = 1$. Les conditions expérimentales ont été les suivantes : les ions produits par une source de Polonium placée au centre du plateau A (la distance AB étant égale à 4,5 cm) sont soumis à un champ uniforme assez intense pour obtenir en chaque cas le courant de saturation. Dans toutes les mesures la distance BC est maintenue égale à 5 mm. Le champ alternatif est produit par un générateur BF de type R, C qui permet de faire varier la fréquence entre 20 et 200 c/s, et qui est relié aux piles de tension par l'intermédiaire d'un amplificateur suivi d'un transformateur dont le secondaire est en série avec les piles ; un champ constant ajouté au champ alternatif permet à la totalité des ions admis en B pendant la

demi-période favorable de traverser la grille C. Le courant recueilli par l'électrode E est mesuré au moyen d'un électromètre Compton.

La figure 2 montre l'allure des courbes représentatives de la variation du courant i en fonction de N, obtenues pour $d = 2,5$ cm respectivement avec les ions négatifs et avec les ions positifs : ces courbes présentent un minimum très marqué, et elles se trouvent décalées l'une par rapport à l'autre comme on pouvait le prévoir, le rapport des fréquences correspondant aux minima du courant étant égal à 1,25 ce qui est bien de l'ordre du rapport k_{-}/k_{+} généralement adopté pour les ions de l'air atmosphérique ordinaire.

Des séries de mesures analogues ont été effectuées pour les distances $d = 2$ cm et $d = 3$ cm. Le tracé des courbes $i = f(N)$ permet de déterminer dans chaque cas la valeur de N correspondant au minimum du courant. Sur la figure 3 on a porté en abscisses les valeurs de d, en ordonnées celles de la période $T = 1/N$ en ces points $i_{min.}$: les courbes relatives aux ions des deux signes sont, à la précision des mesures, deux droites sensiblement parallèles, en accord avec la formule (2).

Il est donc permis de penser qu'en utilisant un dispositif expérimental plus précis on pourra, par cette méthode, obtenir une nouvelle détermination de la valeur des mobilités des ions gazeux.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

[1] E. MONTEL, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 391.

MAGNÉTISME. — *Interprétation des propriétés magnétiques des ferrites* $5Fe_2O_3.3M_2O_3$ *avec* M = Y, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Note (*) de M. **René Pauthenet**, transmise par M. Louis Néel.

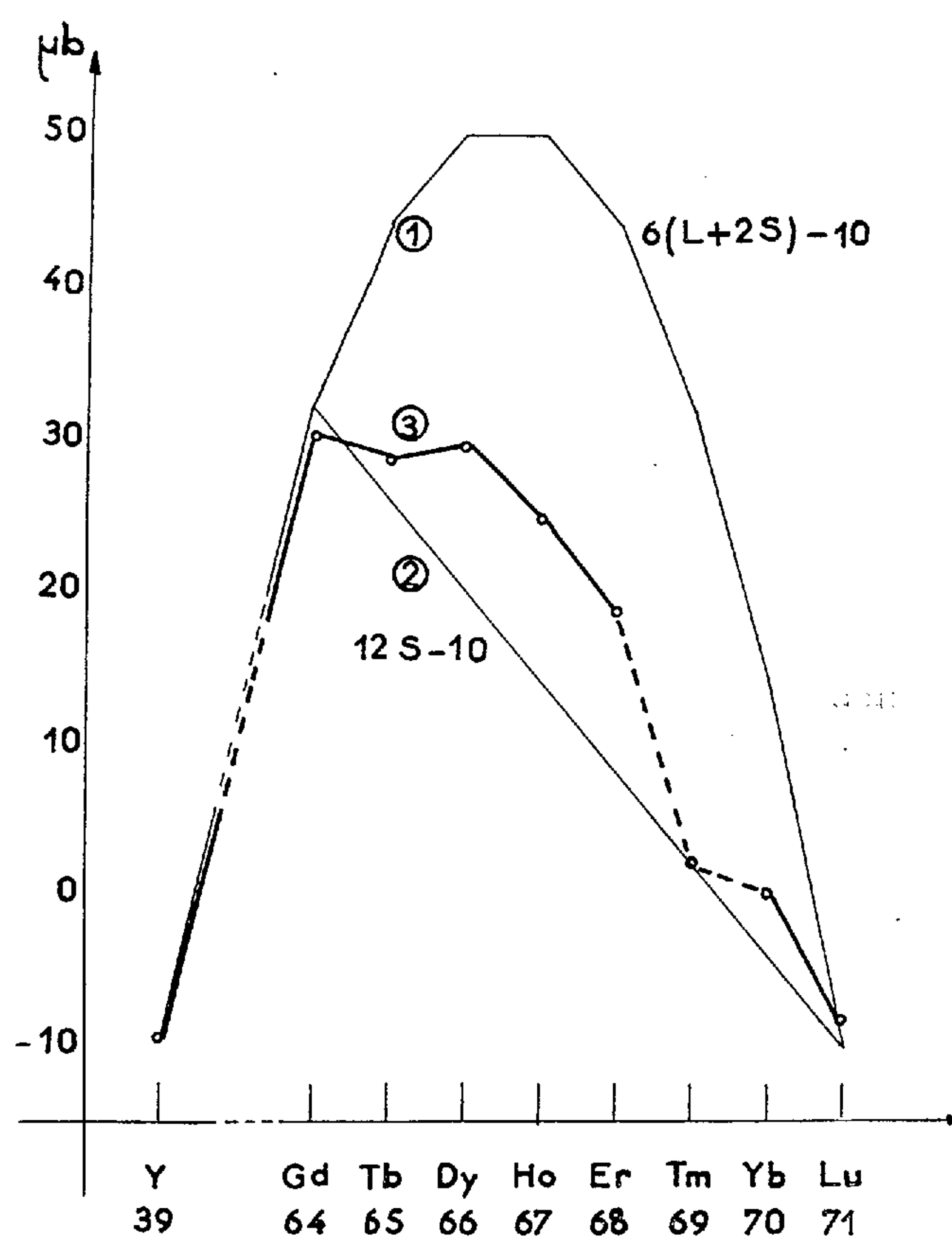
Les propriétés magnétiques des grenats de terres rares s'interprètent par les théories du ferrimagnétisme. Au-dessous de températures de l'ordre de 100° K, le moment orbital de l'ion terre rare est partiellement bloqué. On discute la grandeur et la nature des interactions entre les différents ions magnétiques.

L. Néel [1] a donné des propriétés magnétiques des ferrites $5Fe_2O_3.3M_2O_3$ l'interprétation suivante : les ions magnétiques sont partagés entre trois sous-réseaux; six ions Fe occupent les sites $24d$, 4Fe les sites $16a$ et 6M les sites $24c$ [2]. Entre les sous-réseaux a et d, existe, comme dans les ferrites spinelles [3], un fort couplage ferrimagnétique; ce comportement a été confirmé par la diffraction des neutrons dans le cas de $5Fe_2O_3.3Y_2O_3$ [4]. En raison d'interactions c-d, également du type ferrimagnétique, l'aimantation résultante correspondante des ions Fe oriente antiparallèlement à elle l'aimantation des ions M du sous-réseau c. En désignant respectivement par M_a et M_d les aimantations spontanées d'un ion Fe^{+++} situé sur les sous-

réseaux a et d et par M_c celle d'un ion M^{+++}, l'aimantation spontanée résultante du ferrite $5Fe_2O_3.3M_2O_3$, pour un mole s'écrit

$$\sigma_s = |6M_c - (6M_d - 4M_a)|$$

Sur ces bases, on peut calculer pour chaque ferrite, la valeur de l'aimantation à saturation absolue; l'aimantation résultante des sous-réseaux a et d est celle de deux ions Fe^{+++} soit 10 magnétons de Bohr (μb); dans le cas où le moment de l'ion terre rare est égal à la somme du moment de spin et du moment orbital, soit $2S + L$, d'après la règle de F. Hund [5], les valeurs calculées correspondantes de σ_s sont reportées suivant la courbe 1 de la figure ci-dessous; dans le cas où le spin contribue seul au moment de M, on obtient alors la droite 2.



Sur le même graphique, ont été portées les valeurs expérimentales $\sigma_{0\mu b}$ [6], [7], [8], obtenues par extrapolation au zéro absolu des courbes (σ_s, T). Nous remarquerons que lorsque L est nul, — pour M = Y, Gd, Lu —, l'accord entre les valeurs expérimentales et calculées est satisfaisant; l'écart observé dans le cas contraire peut s'expliquer par le fait qu'une fraction seulement du moment orbital contribue au moment de l'ion M. Dans notre Note précédente [6], nous avions

fait remarquer que la pente des courbes de variation de l'inverse de la susceptibilité paramagnétique moléculaire χ_m en fonction de la température est du même ordre de grandeur, à partir de températures comprises entre 60 et 100° K environ, que celle de la droite de Curie-Weiss de l'ion M correspondant, de moment pris égal à $2S + L$.

Ceci nous indique d'une part, que le blocage du moment orbital se produit à des températures très basses — l'interprétation théorique de ce résultat fera l'objet d'autres publications — d'autre part, qu'à partir de températures supérieures à 100°K environ, l'aimantation spontanée de l'ion M doit au plus être égale à la moitié de la valeur de son aimantation à saturation absolue. Pour qu'il en soit ainsi, il suffit que le couplage de cet ion avec les autres ions magnétiques soit faible; le fait que les points de Curie paramagnétiques, que l'on définit par l'intersection des droites de Curie relatives à l'ion M avec l'axe des abscisses, soient proches du zéro absolu, nous indique que les interactions entre ions M doivent être très faibles. Le champ moléculaire auquel est soumis un ion M est donc principalement dû à l'aimantation des ions Fe; lorsqu'on fait varier l'intensité du champ extérieur, cette aimantation varie peu, sauf au voisinage du point de Curie; il en résulte que la variation du champ total appliqué à l'ion M est approximativement celle du champ extérieur seulement, et la variation d'aimantation de cet ion est du type paramagnétique; l'écart par défaut, croissant avec la température jusqu'au point de Curie ferromagnétique θ_f, des courbes $(1/\chi_m, T)$ avec les droites correspondantes de Curie-Weiss (6), s'explique par le fait qu'aux températures élevées s'ajoute à la susceptibilité paramagnétique de l'ion M une susceptibilité ferrimagnétique parallèle, du même type que la susceptibilité antiferromagnétique parallèle étudiée par F. Bitter (9). Aux très basses températures, les effets combinés de l'approche à la saturation et du blocage du moment orbital contribuent à l'augmentation de $1/\chi_m$ quand la température décroît.

Le faible écart entre les différents points de Curie ferromagnétiques θ_f (6), (7), (8) indique que les interactions entre les ions de fer et, par suite, la variation thermique de l'aimantation spontanée résultante de ces ions doivent conserver sensiblement les mêmes valeurs pour les différents ferrites; en particulier, elles peuvent être représentées par la courbe expérimentale observée dans le cas de $5Fe_2O_3.3Y_2O_3$ (8). Par contre, en adoptant l'interprétation du terme paramagnétique donnée ci-dessus, l'aimantation M_c doit croître rapidement lorsque la température décroît. L'aimantation du ferrite correspondant, égale à la différence de $6M_c$ et de $6M_d - 4M_a$, est de même sens que M_c au-dessous de θ_c, s'annule au point de compensation θ_c, puis change de sens au-dessus de cette température.

Nous représenterons les interactions entre l'ensemble des ions Fe et un ion M par le coefficient de champ moléculaire n; on peut montrer qu'il est approximativement égal à la valeur de $1/\chi_m$ au point de compensation θ_c. L. Néel (10)

a établi que dans les métaux de terres rares, les seules forces de couplage correspondent aux interactions entre les spins; s'il en était de même pour les grenats de terres rares, la quantité $n(L+2S)/2S$ devrait être constante; en fait, elle diminue quand on passe de Gd à Tm (*voir* tableau); il s'agit peut-être de l'influence de la variation du paramètre ([11]).

M.	Gd.	Tb.	Dy.	Ho.	Er.	Tm.
n	−6,55	−3,55	−2,90	−1,67	−1,38	$-1,25 < n < 0,95$
$n\frac{L+2S}{2S}$.	−6,55	−5,35	−5,80	−4,20	−4,15	$-4,35 < n < -3,30$

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 8.

(2) F. Bertaut et F. Forrat, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 382.

(3) L. Néel, *Ann. Phys.*, **3**, 1948, p. 137.

(4) F. Bertaut, F. Forrat, A. Herpin et P. Meriel, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 898.

(5) *Z. Physik*, **33**, 1925, p. 855.

(6) R. Pauthenet, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1499.

(7) R. Pauthenet, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1859.

(8) R. Aleonard, J. C. Barbier et R. Pauthenet, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2531.

(9) *Phys. Rev.*, **54**, 1938, p. 79.

(10) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 49.

(11) F. Bertaut et R. Pauthenet, *Convention sur les ferrites*, Londres, 1956, (à paraître).

MAGNÉTISME. — *Sur le traînage magnétique de fluctuation au voisinage du point de Curie*. Note (*) de MM. **Decio Pescetti** et **Jean-Claude Barbier**, présentée par M. Louis Néel.

On étudie la variation, en fonction de la température, de la constante caractéristique du traînage magnétique de fluctuation. On observe un maximum et ensuite une diminution au voisinage du point de Curie.

L. Néel a établi ([1]), ([2]) que le traînage magnétique de fluctuation pouvait être caractérisé, pour une substance ferromagnétique donnée, par une constante S_ν, homogène à un champ magnétique, qui garde sensiblement la même valeur dans tout le domaine d'hystérésis ([3]). Cette constante est définie par la relation

$$\Delta J = \chi_i S_\nu \log \frac{t_1}{t_2}, \qquad (1)$$

où ΔJ désigne la variation d'aimantation due au traînage entre les instants t_1 et t_2. χ_i est la susceptibilité différentielle irréversible.

L. Néel suppose que le mécanisme le plus efficace selon lequel les fluctuations thermiques aident les parois à franchir les obstacles qui s'opposent à leur déplacement est l'action du champ magnétique interne de dispersion créé par

les oscillations thermiques de l'aimantation spontanée autour de sa direction moyenne. En développant cette théorie il aboutit à l'expression suivante pour S_v.

$$S_v = \sqrt{\frac{4\pi KT}{3v}}\, Q^{-\frac{1}{2}}, \tag{2}$$

K est la constante de Boltzmann, Q une constante indépendante de la température et v le volume moyen des discontinuités de Barkhausen. Comme R. Street et J.-C. Woolley ([5]), ([6]), ([7]) l'ont proposé, on peut aussi admettre que l'agitation thermique modifie la hauteur des barrières de potentiel qui s'opposent au déplacement des parois. Selon ce mécanisme S_v est proportionnel à T/vJ_s.

Si l'on admet alors que le volume des discontinuités de Barkhausen v est indépendant de la température, S_v doit varier comme $T^{1/2}$ dans la première théorie et comme T dans la deuxième.

L'étude expérimentale de la variation du traînage en fonction de la température a été faite par P. Courvoisier ([4]), J.-C. Barbier ([3]), R. Street et J.-C. Woolley ([5]), ([6]), ([7]). Les expériences de Courvoisier montrent que S_v varie comme T pour un acier mi-dur. J.-C. Barbier trouve pour un alnico une variation en $T^{3/2}$. Pour cette même substance R. Street et J.-C. Woolley ont observé que le produit de S_v par la susceptibilité différentielle irréversible était proportionnel à T.

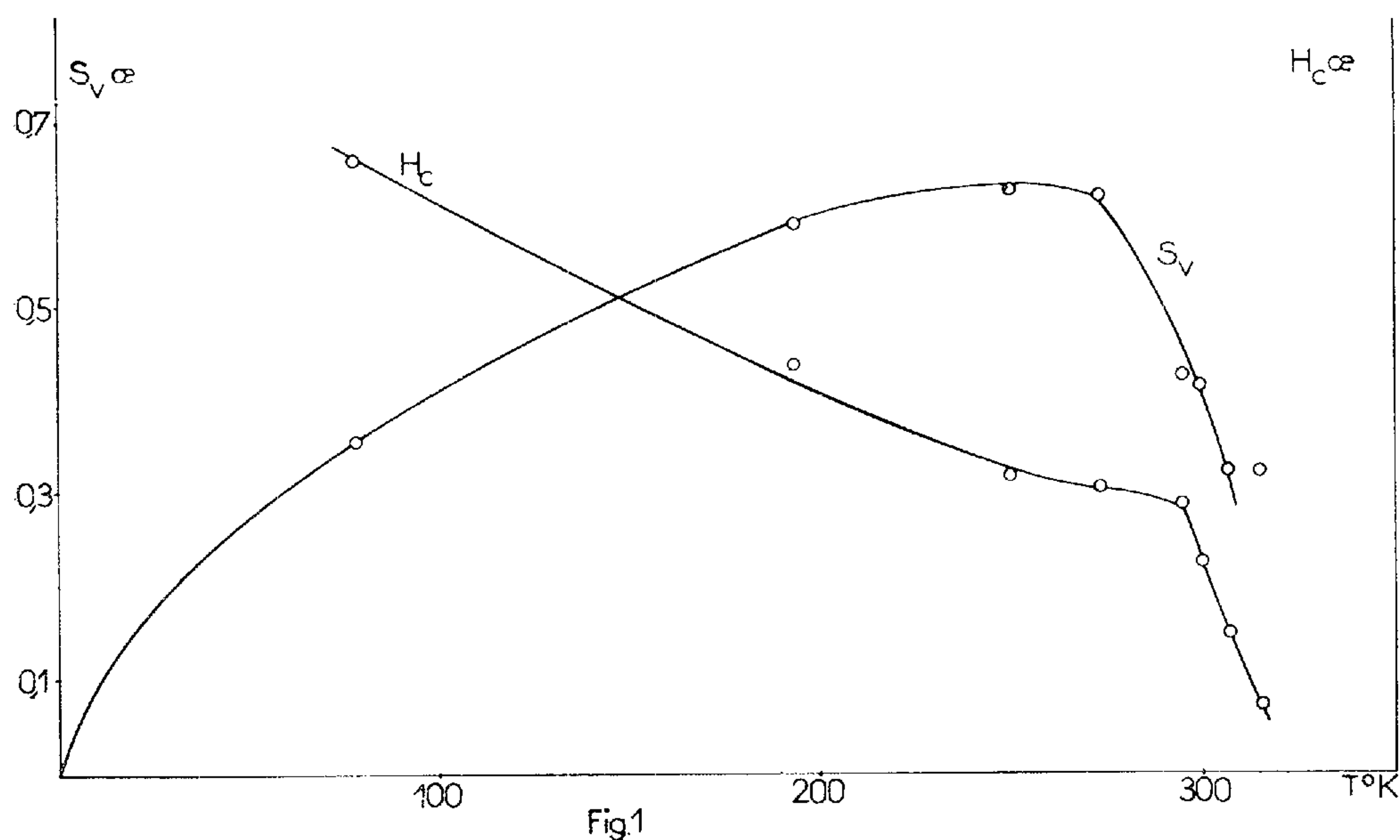


Fig. 1

Jusqu'à maintenant le traînage n'a pas été étudié au voisinage du point de Curie. Pour le faire nous avons choisi un alliage de Cu, Ni, Be (Ni, 70 % ;

Cu, 27 % ; Be, 3 %) dont le point de Curie est environ à 50° C. On peut ainsi le chauffer jusqu'au point de Curie sans risque d'altérer sa structure. Les mesures de S_v ont été faites sous le champ coercitif de saturation par une méthode classique d'induction ([3]). Sur la figure 1 nous avons porté la courbe de variation de S_v en fonction de T. Pour les températures sensiblement plus petites que T_c, S_v croît lentement avec T, résultat en accord qualificatif avec ceux précédemment cités ([3]), ([4]), ([5]), ([6]), ([7]). Lorsqu'on s'approche du point de Curie, S_v passe par un maximum, entre 252 et 273° K, puis diminue et tend vers zéro. Pour interpréter ces résultats à partir de la formule 2, il faudrait connaître la loi d'évolution de v en fonction de la température.

Actuellement on ne possède pas de renseignements précis à ce sujet, mais d'après certains résultats relatifs au nickel ([8]), on est tenté de penser que v diminue quand la température augmente. Cependant dès qu'on s'approche du point de Curie, la constante d'anisotropie devient extrêmement petite, d'où un accroissement de l'épaisseur des parois qui finit par être de l'ordre de grandeur des dimensions des domaines élémentaires : la notion de domaine perd son sens et cela explique que S_v puisse passer par un maximum.

Sur la figure 1 nous avons représenté également la variation du champ coercitif en fonction de la température. On constate que le rapport S_v/H_c est particulièrement grand, de l'ordre de 0,04 à 273° K, alors que pour beaucoup de matériaux ce rapport est voisin de 0,005 ([3]).

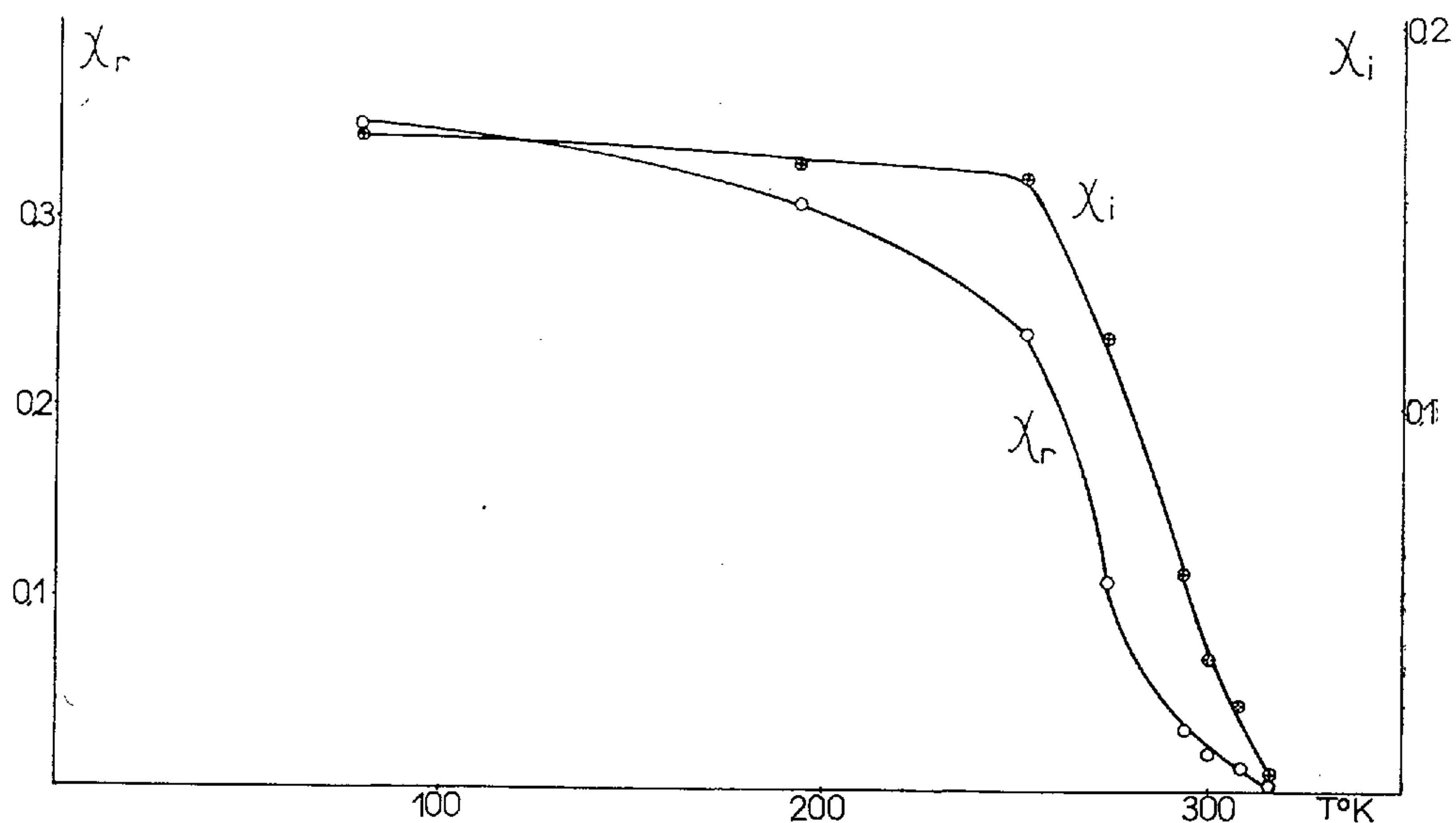


Fig. 2

Sur la figure 2 sont portées, en fonction de la température, les valeurs des susceptibilités réversible et irréversible.

Elles tendent rapidement vers zéro au voisinage du point de Curie. Pour

cette raison les mesures du traînage deviennent extrêmement délicates quand on s'approche de T_c.

(*) Séance du 19 novembre 1956.
(1) *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 49.
(2) *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 339.
(3) J.-C. Barbier, *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 84.
(4) P. Courvoisier, *Sitz. der Bayer. Ak. Wiss.*, 10, 1945, p. 89.
(5) *Proc. Phys. Soc.* A, 62, 1949, p. 562.
(6) *Proc. Phys. Soc.* B, 63, 1950, p. 509.
(7) R. Street, J.-C. Woolley et P.-B. Smith, *Proc. Phys. Soc.* B, 65, 1952, p. 679.
(8) V.-F. Ivlev, *Izvest. Akad. Nauk. SSSR*, 16, 1952, p. 664.

ÉLECTROMAGNÉTISME THÉORIQUE. — *Sur le théorème de Babinet, au sens de la théorie électromagnétique.* Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note antérieure (1), j'ai rappelé l'énoncé du théorème de Babinet au sens de la théorie électromagnétique. J'ai l'intention d'en exposer une démonstration simple et indépendante de toute considération de charges ou de courants magnétiques. On remarque d'abord que les équations de Maxwell en régime sinusoïdal, écrites dans le système M.K.S.C. rationalisé : $\overrightarrow{\mathrm{rot}\,\mathcal{H}} = i\omega\varepsilon\vec{E}$, $\overrightarrow{\mathrm{rot}\,E} = -i\omega\mu\vec{\mathcal{H}}$, dans un diélectrique homogène et isotrope sont invariantes à l'égard du changement de variables : $\vec{E}' = \mp\sqrt{(\mu/\varepsilon)}\vec{\mathcal{H}}$, $\vec{\mathcal{H}}' = \pm\sqrt{(\varepsilon/\mu)}\vec{E}$, qui consiste à faire tourner les champs d'une onde plane de $\pm(\pi/2)$ autour de la direction de propagation. Je considère alors deux écrans S_1 et S_2, plans, infiniment minces, infiniment conducteurs et complémentaires, les pleins de l'un correspondant aux vides de l'autre.

Soient S les parties pleines de S_1, vides de S_2; Σ les parties vides de S_1, pleines de S_2. Soit $(\vec{E}_1^i, \vec{\mathcal{H}}_1^i)$ l'onde plane incidente sur S_1, $\vec{E}_2^i = -\sqrt{\mu/\varepsilon}\,\vec{\mathcal{H}}_1^i$, $\vec{\mathcal{H}}_2^i = \sqrt{\varepsilon/\mu}\,\vec{E}_1^i$, les champs de l'onde plane incidente sur S_2, suivant la même direction de propagation. Je désigne par $(\vec{E}_1, \vec{\mathcal{H}}_1)$, $(\vec{E}_2, \vec{\mathcal{H}}_2)$ les champs totaux dans les deux cas; je considère les champs $(\vec{E}_1, \vec{\mathcal{H}}_1)$ comme la superposition de deux systèmes de champs : 1° les champs primaires $(\vec{E}_1^p, \vec{\mathcal{H}}_1^p)$, que l'on obtiendrait si S_1 était plein, 2° les champs secondaires $(\vec{E}_1^s, \vec{\mathcal{H}}_1^s)$, résultant de la superposition aux champs précédents de ceux qui sont rayonnés par une nappe de courants équivalente à l'effet de l'ouverture Σ, de sorte que : $\vec{E}_1 = \vec{E}_1^p + \vec{E}_1^s$, $\vec{\mathcal{H}}_1 = \vec{\mathcal{H}}_1^p + \vec{\mathcal{H}}_1^s$. De même, dans le cas de S_2, je désigne par $(\vec{E}_2^p, \vec{\mathcal{H}}_2^p)$ les champs

en l'absence de l'écran Σ et par $(\vec{E}_2^s, \vec{\mathcal{H}}_2^s)$ les champs secondaires rayonnés par les courants circulant à la surface de Σ; il vient $\vec{E}_2 = \vec{E}_2^p + \vec{E}_2^s$, $\vec{\mathcal{H}}_2 = \vec{\mathcal{H}}_2^p + \vec{\mathcal{H}}_2^s$.

Dans le cas de S_1, supposant d'abord Σ plein, nous posons que la composante tangentielle du champ électrique total est nulle en S. Comme elle le demeure après superposition des courants dont l'effet équivaut à l'ouverture Σ, il vient, sur S : $E_{1t}^s = 0$. De même, dans le cas de S_2, on voit facilement que : $E_{2t}^s = -E_{2t}^p = -E_t^i$ sur S en désignant par l'indice t les composantes tangentielles. Nous écrirons ensuite les conditions aux limites sur des surfaces infiniment voisines de celle des écrans, en vertu de la continuité des composantes tangentielles du champ électrique, considérant ainsi les équations de Maxwell pour un diélectrique, en l'absence de courants de conduction. Dans le cas de S_1, lorsque S_1 est plein, le champ magnétique sur une surface infiniment voisine de S_1 a pour valeur, à gauche : $2\mathcal{H}_{1t}^i$, à droite zéro. (L'onde incidente arrive à gauche de l'écran.)

Après ouverture de Σ, il a pour valeur $\mathcal{H}_{it}^i$, les nappes de courants circulant sur les parties pleines S ne produisant pas de champ magnétique tangentiel sur Σ. Par suite, l'ouverture de Σ équivaut à superposer aux champs qui existaient lorsque S_1 était plein des champs tels que l'on ait, sur Σ : à gauche $\mathcal{H}_{1t}^s = -\mathcal{H}_{1t}^i$, à droite $\mathcal{H}_{it}^s = +\mathcal{H}_{1t}^i$. Dans le cas de S_2, il vient, au contraire : $\mathcal{H}_{2t}^s = 0$ sur S. Les conditions aux limites sont donc, sur S : $E_{1t}^s = 0$, $\mathcal{H}_{2t}^s = 0$; sur Σ à gauche $\mathcal{H}_{1t}^s = -\mathcal{H}_{1t}^i$, à droite, $\mathcal{H}_{1t}^s = +\mathcal{H}_{1t}^i$; $E_{2t}^s = -E_{2t}^i$, si nous posons à gauche : $\vec{E}_2^s = -\sqrt{\mu/\varepsilon}\,\vec{\mathcal{H}}_1^s$, $\vec{\mathcal{H}}_2^s = \sqrt{\varepsilon/\mu}\,\vec{E}_1^s$ et à droite : $\vec{E}_2^s = \sqrt{\mu/\varepsilon}\,\vec{\mathcal{H}}_1^s$, $\vec{\mathcal{H}}_2^s = -\sqrt{\varepsilon/\mu}\,\vec{E}_1^s$, nous aurons, pour les rayonnements secondaires, les mêmes conditions aux limites. Je désigne par $\vec{E}_1^{\text{ref}}$, $\vec{\mathcal{H}}_1^{\text{ref}}$ les champs réfléchis sur S_1 plein. Partant de ces considérations, on établit facilement, comme l'ont fait plusieurs auteurs (²), le théorème de Babinet sous la forme

à gauche :

$$\vec{E}_1 - \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\,\vec{\mathcal{H}}_2 = \vec{E}_1^{\text{ref}}, \qquad \vec{\mathcal{H}}_1 + \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\,\vec{E}_2 = \vec{\mathcal{H}}_1^{\text{ref}};$$

à droite :

$$\sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}}\,\vec{E}_1 + \vec{\mathcal{H}}_2 = \mathcal{H}_2^i, \qquad \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\,\vec{\mathcal{H}}_1 - E_2 = -\vec{E}_2^i.$$

Sans faire aucunement intervenir les notions de charges ou de courants magnétiques, en exprimant les conditions aux limites de la composante tangentielle du champ électrique, non sur la surface des conducteurs, où circulent des courants, mais sur une surface infiniment voisine de la précédente, en vertu de la continuité de la composante tangentielle du champ électrique, qui subsiste lorsque l'écran devient infiniment mince et infiniment conducteur, cette propriété n'étant pas vérifiée par le champ magnétique dans ce cas.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1616.

(2) E. T. Copson, *Proc. Roy. Soc.*, 186, 1946, p. 100; C. J. Bouwkamp, *Report on progress in physics. The physical Society*, 17, 1954; nombreuses références bibliographiques; J. P. Vasseur, *Thèse*, Paris, 1952; F. E. Borgnis et C. H. Papas, *Randwertprobleme der Mikrowellenphysik*. Springer, Berlin, 1955.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Phénomène des zébrures dans le chauffage superficiel par induction électromagnétique haute fréquence*. Note de MM. **Jacques Pomey**, **Jean Georges** et **Louis Abel**, présentée par M. Albert Portevin.

Si l'on chauffe superficiellement un cylindre homogène d'acier par un champ inducteur uniforme de haute fréquence, une striation de températures apparaît au début de la transformation magnétique, que celle-ci soit du premier ou du second ordre. L'énergie se répartit entre les tranches en raison inverse des valeurs de $\sqrt{\rho\mu}$. Nous en déduisons une méthode différentielle d'étude du retard de la dissolution des carbures.

Un cylindre d'acier mi-dur au carbone est chauffé superficiellement dans un champ inducteur uniforme dirigé parallèlement à l'axe OZ et de haute fréquence. G. I. Babat (1) a montré qu'au moment où la température de transformation est atteinte en surface, des bandes alternées plus chaudes et plus froides prennent naissance selon des grands cercles et avec une certaine régularité.

Si à ce moment le cylindre est immergé rapidement dans l'eau, les bandes chaudes sont trempées, martensitiques et très dures, alors que les intervalles froids sont doux et ont conservé la structure initiale de recuit; à l'attaque acide de la surface du cylindre, les bandes trempées noircissent et prennent l'aspect de zébrures.

Si le chauffage à puissance suffisamment forte est prolongé, une fois toute la surface portée au-dessus de la zone critique de transformation, le phénomène de zébrures disparaît.

Dans le cas du fer pur, la même alternance de bandes plus chaudes et plus froides apparaît au point de Curie, et celles-ci restent perceptibles après refroidissement par de légères différences d'oxydation superficielles.

Si le cylindre d'acier est tubulaire et parcouru par un débit d'eau suffisant pour que, lorsque les bandes ont pris naissance, les températures restent stationnaires, on peut, en déplaçant axialement le cylindre par rapport à l'inducteur, vérifier que les bandes sont fixes dans la matière.

Nous avons établi par un calcul simple que si, au lieu d'être homogène, le cylindre présente une variation périodique de la résistivité ρ et de la perméabilité μ selon l'axe OZ, l'énergie moyenne reçue reste comme dans le cas du cylindre homogène proportionnelle à $\sqrt{\rho_m\mu_m}$ où ρ_m et μ_m sont les valeurs

moyennes relatives à l'ensemble du cylindre en tenant compte de la direction axiale du champ et circonférentielle des courants; mais dans chaque tranche droite, l'énergie se répartit proportionnellement à la valeur de $1/\sqrt{\rho\mu}$ dans la tranche considérée.

Il résulte de là, deux conséquences dans le chauffage d'un cylindre homogène :

Au début du chauffage où ρ croît avec la température et où μ ne varie pas, toute élévation éventuelle de température d'une tranche entraînerait une baisse de l'énergie fournie à celle-ci, de sorte que *seule la répartition cylindrique de la température est possible.*

Par contre, *au moment de la perte de ferromagnétisme*, μ décroît quand l'énergie fournie croît, alors que ρ varie peu. Si, pour une raison fortuite, une tranche présente une perméabilité un peu plus faible, elle reçoit plus d'énergie et les deux tranches voisines moins puisque l'énergie moyenne est constante le long du cylindre. *L'inégalité de répartition s'accroît;* c'est le phénomène transitoire d'apparition des zébrures.

Si le cylindre est décomposé en couches cylindriques minces et si dans chacune d'elles μ est ondulé en z :

$$\mu = \mu_0 + \mu_1 \sin \frac{2\pi}{l} z,$$

avec μ_1 petit devant μ_0, $\operatorname{div} \overline{\mathcal{B}} = 0$ s'écrit

$$\mu \operatorname{div} \overline{\mathcal{H}} + [\overline{\mathcal{H}} \operatorname{grad} \mu] = 0$$

et l'un de nous montre qu'on peut satisfaire aux équations de Maxwell et aux conditions aux limites par une répartition de l'induction $\mathcal{B}$ et de la densité de courants également ondulés en z. Cette répartition étant possible, on conçoit que les zébrures puissent présenter une certaine équidistance.

A la naissance du phénomène, la composante radiale, du champ est faible vis-à-vis de la composante axiale; d'autre part Rabat postule que l'existence des bandes implique que la diffusion thermique longitudinale soit faible vis-à-vis de la transmission radiale. Quoi qu'il en soit ces deux aspects, différents mais nécessaires, concourent à dire que l'équidistance l des bandes doit être grande vis-à-vis de l'épaisseur équivalente ε des courants de peau. Pour nous en rendre compte nous avons fait deux séries d'expériences :

a. à fréquence constante de 420 kHz, en passant du fer pur à l'alliage de fer à 4 % Si, la largeur de bande l passe de 4,2 à 6,1 mm ; ce qui paraît en rapport avec l'épaisseur ε des courants de peau;

b. sur un même acier mi-dur au carbone, nous avons fait varier la fréquence f entre 160 et 666 kHz; le produit $l\sqrt{f}$ reste compris entre 250 et 300, l étant exprimé en centimètres. Cette imprécision résulte des ondulations et ramifications congénitales des zébrures.

Comme il s'agit d'un phénomène transitoire rapide et difficilement reproductible avec précision, nous avons eu recours à une *méthode différentielle* en réalisant le cylindre par un *empilage de disques* d'épaisseur $l/2$ alternativement de deux natures différentes et avec interposition d'une très fine couche de mica, pour mieux canalyser les courants induits dans chaque rondelle et réduire les échanges calorifiques entre rondelles. Nous avons alors établi les lois suivantes :

1° en opposant deux alliages de fer, l'un à 6 % Co, l'autre 4 % Ni, *à égalité de résistivité, le métal ayant le plus bas point de Curie devient plus chaud, dès qu'il atteint cette température ;*

2° en opposant le fer pur et un acier eutectoïde à 0,8 % C : *c'est le métal qui le premier perd son magnétisme fort qui à ce moment s'échauffe le plus, quelle que soit la cause, transformation physicochimique isotherme* A_1 *ou transformation de Curie* A_2 ;

3° si nous opposons un acier à 4 % Si et un acier austénitique 18 % Cr, 8 % Ni, *c'est l'acier paramagnétique qui, dès le début du chauffage, chauffe le plus,* alors que s'il s'agissait de cylindres massifs homogènes de chacune des deux compositions, chauffés séparément, c'est l'inverse qui se serait produit : l'acier ferromagnétique aurait, toutes choses égales d'ailleurs, pris le plus d'énergie ;

4° en opposant l'acier doux et l'acier à 4 % Si de perméabilité peu différentes, si, de suite après chauffage à températures modérées, les rondelles sont séparées rapidement et jetées respectivement dans deux calorimètres : *c'est le fer pur dont la résistivité électrique est la plus faible qui, dans toute l'épaisseur chauffée, a pris le plus d'énergie ;*

5° en opposant pour un même acier eutectoïde au carbone une structure sorbitique à cémentite très fine de trempe et revenu, à une structure à carbures grossiers globulisés de recuit coalescent, *c'est l'acier de structure fine dont la transformation est la plus rapide, qui devient le plus chaud.*

Considérons maintenant un cylindre massif d'acier mi-dur au carbone de composition homogène ($C = 0,48$ %) ; si nous avons préalablement effectué sur la surface latérale des trempes ponctuelles, au cours du chauffage consécutif par induction, les bandes chaudes naissent en ces points. Si un cylindre d'acier mi-dur a été chauffé puis trempé pour donner des zébrures, la réitération de ce traitement reproduit les zébrures aux mêmes endroits (contrairement à ce qui se passe quand, dans le fer pur, les zébrures apparaissent au point de Curie). Enfin si le traitement est réitéré un certain nombre de fois, les déformations à chaque cycle thermique s'ajoutent et la surface latérale présente des ondulations ; celles-ci atteignent 0,05 mm pour 50 cycles de traitements sous 420 kHz.

(1) *J. Technical Physics*, 10, n° 19, 1940, p. 1604-1618.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Détermination de l'impédance série et de la longueur d'atténuation pour un guide d'onde à hélice pour accélérateur linéaire a protons.* Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Définitions.* — Soit E l'amplitude du champ électrique axial de l'onde progressive accélératrice se déplaçant suivant l'axe Oz, S le flux d'énergie qu'elle transporte et p la puissance perdue par unité de longueur du guide [liée au flux par la relation $(dS/dz) = -p$]. On définit l'impédance shunt Z_s et l'impédance série R_s du guide par les relations $Z_s = E^2/p$ ohm/m ; $R_s = E^2/S$ ohm/m². Le coefficient d'atténuation α du champ électrique le long du guide indéfini et la longueur d'atténuation l_0 (longueur pour laquelle le flux décroît dans le rapport e^{-1}), considérée habituellement par les praticiens des accélérateurs, s'expriment simplement en fonction de Z_s et R_s. On a en effet

$$\frac{dS}{S} = -2\alpha\, dz = -\frac{dz}{l_0} \qquad \text{et} \qquad \frac{dS}{S} = \frac{-p\, dz}{E^2} R_s = -\frac{R_s}{Z_s} dz.$$

D'où

$$l_0 = \frac{1}{2\alpha} = \frac{Z_s}{R_s}.$$

Nous avons montré dans des Notes précédentes [1] qu'il était possible de déterminer expérimentalement Z_s par une méthode de perturbation appliquée à la cavité résonnante dérivée du tronçon de guide étudié.

Nous allons montrer que la même méthode permet de calculer R_s et l_0. On peut donc déterminer ainsi toutes les grandeurs importantes caractéristiques du guide étudié.

2. *Détermination de l_0 et* R_s. — La longueur L de la cavité résonnante dérivée du guide est choisie suffisamment grande pour qu'on puisse négliger les pertes dans les flasques terminales. Le coefficient de surtension Q du guide est alors pratiquement égal à celui de la cavité.

Désignons par W l'énergie emmagasinée par unité de longueur du guide, V la vitesse de propagation de l'énergie (qui est confondue avec la vitesse de groupe lorsque les pertes sont faibles). Nous avons les relations

$$S = VW \qquad \text{et} \qquad Q = 2\pi f_0 \frac{W}{p}.$$

D'où

$$Q = \frac{2\pi f_0}{V} \frac{S}{p} = \frac{2\pi f_0}{V} \frac{Z_s}{R_s};$$

$$(1) \qquad l_0 = \frac{QV}{2\pi f_0},$$

$$(2) \qquad R_s = \frac{2\pi f_0}{V} \frac{Z_s}{Q} = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left(\frac{c}{V}\right) \frac{Z_s}{Q}.$$

Nous avons établi la relation ([1])

$$\frac{Z_s}{Q} = \frac{30\,L}{\pi a^3}\,\frac{\varepsilon_r + 2}{\varepsilon_r - 1}\,\lambda_0\,\frac{\Delta f_0}{f_0}, \tag{3}$$

où a représente le rayon de la bille de diélectrique utilisée comme obstacle perturbateur, ε_r sa constante diélectrique, Δf_0 la perturbation de la fréquence de résonance lorsque la bille est placée sur l'axe en un ventre du champ électrique E, et λ_0 la longueur d'onde libre correspondant à f_0.

D'autre part, V s'exprime facilement ([2]) en fonction de la vitesse de phase v_p par la relation

$$\frac{c}{V} = \frac{c}{v_p}\left(1 - \frac{f}{\frac{v_p}{c}}\,\frac{\partial}{\partial f}\left(\frac{v_p}{c}\right)\right) = \frac{c}{v_p}(1-\Delta) = \frac{\lambda_0}{\lambda_g}(1-\Delta). \tag{4}$$

La méthode de perturbation précédente nous fournit λ_g. Il suffit de tracer la courbe de dispersion du guide en coordonnées v_p/c et f, puis d'en déterminer la pente pour obtenir l'expression de c/V.

Finalement, l_0 (et par suite α) et R_s s'expriment en fonction de quantités mesurables

$$l_0 = \frac{Q\lambda_0}{2\pi}\left(\frac{v_p}{c}\right)\left[1 - \Delta\left(\frac{v_p}{c}, f\right)\right]^{-1}, \tag{5}$$

$$R_s = \frac{60\,L}{\pi a^3}\,\frac{\varepsilon_r + 2}{\varepsilon_r - 1}\,\frac{\Delta f_0}{f_0}\,\frac{c}{v_p}\left(1 - \Delta\left(\frac{v_p}{c}, f\right)\right). \tag{6}$$

On voit aussi par là que le calcul de Z_s est inutile si l'on ne s'intéresse qu'à ces deux grandeurs. Ces formules sont valables pour tous les types d'accélérateurs; nous les avons appliquées aux guides à hélices.

Résultats. — Dans les deux tronçons de guide étudiés, et correspondant le premier à $v_p/c \neq 0{,}1$ (protons de 5 MeV) et le second à $v_p/c \neq 0{,}3$ (protons de 50 MeV), les courbes de dispersion sont des droites. Les valeurs des paramètres figurant dans (5) et (6) ont les valeurs suivantes :

	Cavité n° 1.	Cavité n° 2.
L(m)	0,6	0,8
a(m)	$2{,}5.10^{-3}$	4.10^{-3}
$\frac{\varepsilon_r + 2}{\varepsilon_r - 1}$	2,8	2,8
$\frac{\partial}{\partial f}\left(\frac{v_p}{c}\right)$	6.10^{-11}	$1{,}5.10^{-10}$

Nous avons calculé R_s dans ces guides pour trois fréquences de fonctionnement : 200, 300 et 400 MHz, dans le cas où l'hélice n'est soutenue par aucun support diélectrique. Nous avons comparé les valeurs trouvées avec les valeurs théoriques obtenues à partir de l'expression des champs ([3]), valables dans le cas d'un guide où le blindage est rejeté à l'infini. Tous les résultats des mesures nécessaires au calcul de R_s et l_0 sont donnés dans le tableau suivant.

	Cavité 1.			Cavité 2.		
f_0 (MHz)	200.	300.	400.	200.	300.	400.
$\frac{v_p}{c}$	0,106	0,1	0,094	0,33	0,315	0,30
1-Δ	1,113	1,18	1,255	1,09	1,14	1,20
$10^3 \frac{\Delta f_0}{f_0}$	1,75	2,9	3,25	0,9	2,66	4
$Z_{s(\text{exp})}$ (MΩ/m)	38	46	54	13,5	26	36
$R_{s(\text{exp})}$ (MΩ/m²)	1,2	2,2	2,8	0,06	0,20	0,33
$l_0(m)$	32	21	19	215	130	207
$R_{s(\text{théorie})}$ (MΩ/m²)	1,6	2,4	3,3	0,05	0,14	0,28

On voit que les valeurs expérimentales de R_s en présence d'un blindage ne sont pas très éloignées des valeurs théoriques pour l'hélice sans blindage. D'autre part, un calcul analogue, effectué dans le cas où l'hélice est maintenue par trois supports radiaux de Plexiglas [1], fournit des valeurs de R_s pratiquement égales aux précédentes. Mais Z_s est dans ce cas beaucoup plus faible (par suite de l'angle de perte élevé du Plexiglas $\operatorname{tg}\delta = 8,35.10^{-3}$) la longueur l_0 est respectivement 5 à 10 fois plus faible que les précédentes dans les cavités 1 et 2.

Application aux tubes à ondes progressives. — L'étude des propriétés des tubes à ondes progressives, en particulier du gain, fait intervenir le paramètre

$$K = \frac{E^2}{2\beta^2 S} \qquad \text{où} \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda_g}.$$

On peut déterminer ce facteur par la méthode précédente, ce qui est intéressant car nos cavités peuvent être utilisées directement pour les tubes à ondes progressives de forte puissance, à des fréquences de quelques centaines de Mégahertz. D'autre part, les résultats peuvent être adaptés au cas des tubes classiques après une similitude électromagnétique appropriée. Les valeurs de K pour nos deux structures sont

$$K_1 \# 380\ \Omega \qquad \text{et} \qquad K_2 \# 200\ \Omega \quad \text{à } 200\ \text{MHz}.$$

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) A. Septier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1367 et 1476.

(2) J. R. Pierce, *Traveling Wave Tubes*, 1950, p. 83.

(3) K. Johnsen, *Chr. Michelsens Institutet* (Bergen), Beretn. 16, n° 3, 1954.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des bandes 7620 et 6880 Å du spectre de l'oxygène pur comprimé jusqu'à* 5000 kg/cm². Note de MM. **Jean Robin**, **Marcel Desmaret** et **François Ubelmann**, présentée par M. Eugène Darmois.

Nous avons étudié l'accroissement d'intensité des bandes 7620 et 6880 Å du spectre de l'oxygène; aux fortes pressions ε_{max} est proportionnel à ρ^2 mais $\int \varepsilon d\nu$ ne l'est pas par suite de la variation des profils. De −78 à +300° C il n'y a pas d'effet de température appréciable. Les résultats ont été comparés avec l'absorption dans O_2 liquide.

L'étude du spectre de l'oxygène comprimé jusqu'à des pressions de l'ordre de 100 kg/cm² a montré qu'il apparaît un grand nombre de bandes (¹) entre 2200 et 13 000 Å classées en trois groupes. Une étude des bandes de deux de ces groupes jusqu'à des pressions de 1 500 kg/cm² a été publiée plus récemment (²).

Nous nous intéressons ici aux bandes 7620 et 6880 Å attribuées à des transitions interdites $^1\Delta - {}^3\Sigma$ et $^1\Sigma - {}^3\Sigma$ dans les molécules O_2, dont nous avons poursuivi l'étude jusqu'à 1 400 kg/cm² à différentes températures et à température ordinaire jusqu'à 5 000 km/cm².

L'appareillage de compression a déjà été décrit (³), on procède par réchauffement de l'oxygène condensé à l'état solide. Les longueurs des cuves de mesure varient de 0,2 à 50 cm.

Sur la figure 1 (courbe I) nous avons porté le coefficient d'extinction $[\varepsilon_{max} = (1/l)\log_{10}(I_0/I)]$ du maximum de la bande 7 620 Å, à la température de 22° C, en fonction de la pression. Au-delà de 500 à 700 kg/cm²

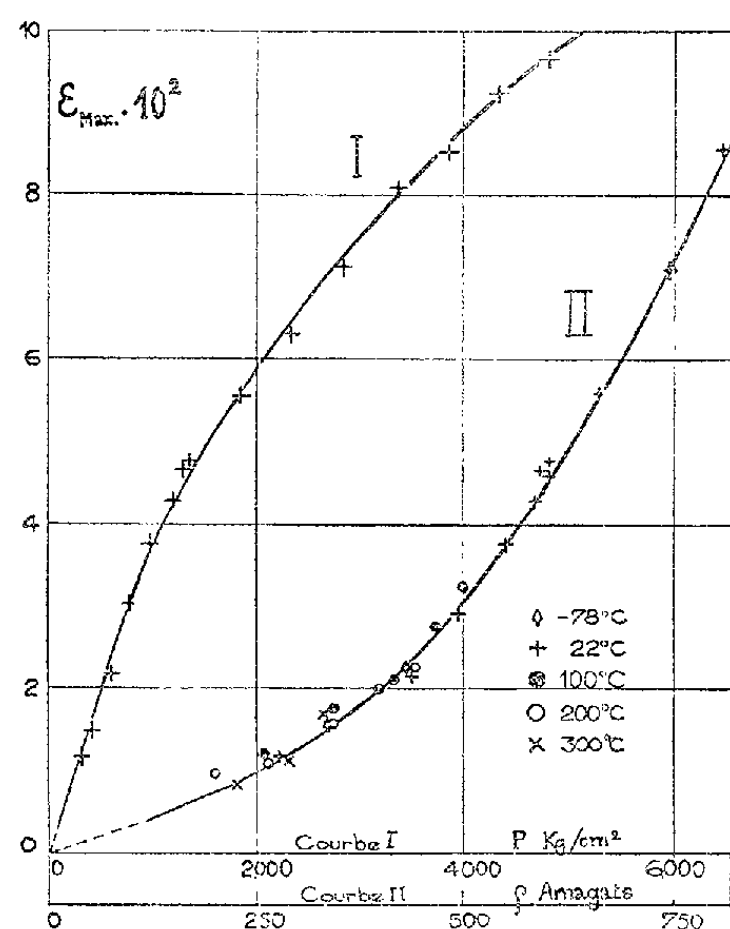


Fig. 1.

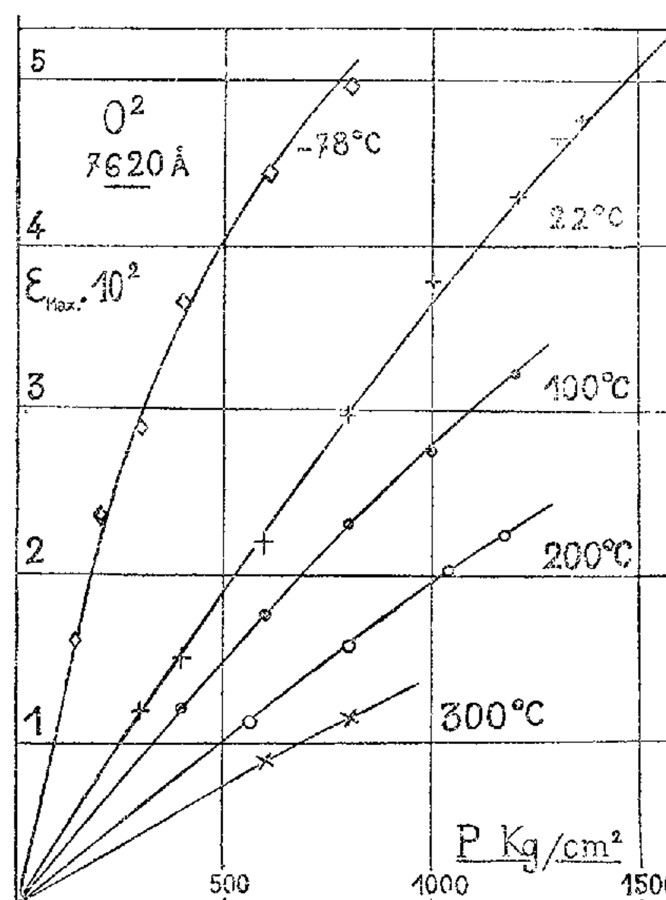


Fig. 2.

l'accroissement de ε_{max} ne peut plus (¹) être considéré comme une fonction linéaire de P. Aux pressions peu élevées la séparation de la bande en deux branches P et R nous a contraints à mesurer ε, comme l'avait fait Salow, au maximum de la branche R et non à la longueur d'onde 7 620 Å. Même aux fortes pressions il n'a été constaté aucun déplacement notable du maximum

La bande 6 880 Å se comporte comme la bande 7 620 Å mais son intensité est dix fois plus faible ($\varepsilon_{max} = 3{,}3 . 10^{-3}$ pour 1000 kg/cm² et 22° C). On constate la même séparation en deux branches et une non-linéarité au-delà de 600 kg/cm², comme dans le cas précédent.

Des mesures analogues ont été effectuées à différentes températures (— 78° C à + 300° C) jusqu'à 1500 kg/cm². Les valeurs de ε au maximum de la bande 7 620 Å ont été portées en fonction de P sur la figure 2 et de ρ (densité relative) sur la figure 1 (courbe II). Aux erreurs d'expérience près il ne semble pas y avoir d'effet notable de la température.

La figure 3 représente des profils de la bande 7 620 Å obtenus en portant le rapport ε/ρ^2 du coefficient d'extinction au carré de la densité en amagats en fonction de $\nu - \nu_0$ en cm⁻¹. Il n'a pas pu être fait de rapprochement de nos profils avec ceux donnés, à faible pression, par J. Fahrenfort (4) car celui-ci ne donne pas d'échelle de longueur d'onde et n'indique pas de séparation de la bande. La demi-largeur de la bande croît lentement lorsque la pression augmente. On observe surtout un renforcement du flanc de la bande vers les courtes longueurs d'onde, dans la région 7 500-7 530 Å. Au maximum de la bande ε/ρ^2 est à peu près constant alors qu'il croît légèrement avec la pression sur les flancs. De ce fait $\int \varepsilon\, d\nu/\rho^2$ n'est pas constant. On constate par contre que $\int \varepsilon\, d\nu/\rho^3$ est sensiblement constant entre 800 et 5 000 kg/cm².

En comprimant de l'oxygène pur jusqu'à 5 000 kg/cm², à température ordinaire, nous atteignons des densités relatives égales à et même supérieures à celle du liquide à la pression atmosphérique. Nous avons comparé ε_{max} de la bande 7 620 Å dans l'oxygène gazeux comprimé et dans l'oxygène liquide. Sur la figure 4 nous avons porté ε_{max}/ρ en fonction de ρ. F, S et R_g sont les résultats

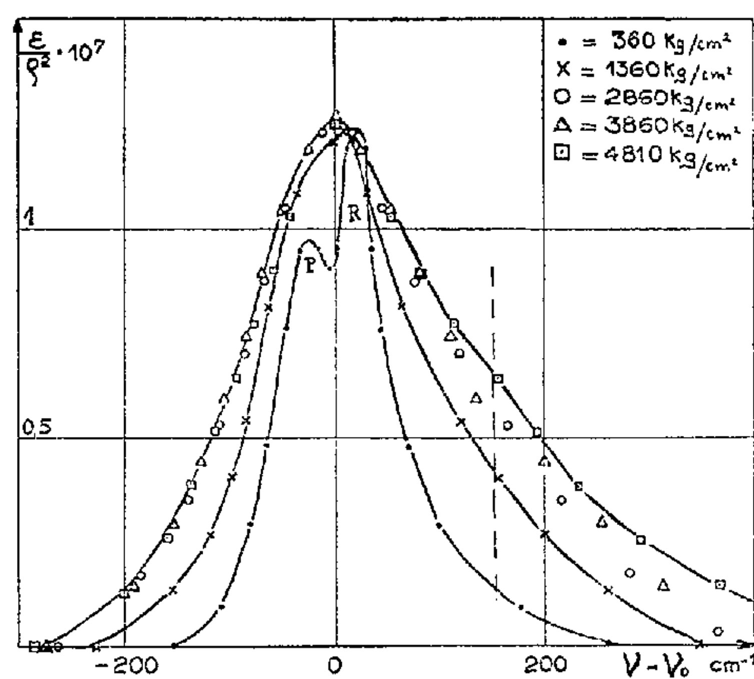


Fig. 3.

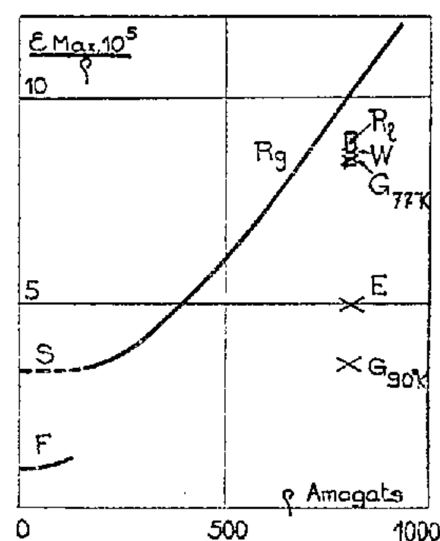


Fig. 4.

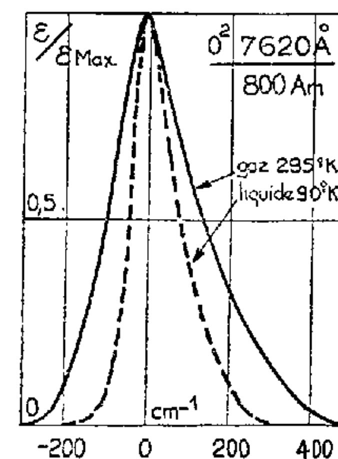


Fig. 5.

d'études effectuées respectivement, sur O_2 comprimé, par Fahrenfort, Salow et nous mêmes. W, E, $G_{77°K}$ et $G_{90°K}$ sont les valeurs trouvées dans O_2 liquide par Welsh à 90° K (5), Ellis (6) et R. Guillen à 77 et 90° K (7). L'ensemble des points résultant de nos mesures sur O_2 liquide aux températures de O_2 et N_2 liquides, se situent dans le domaine marqué R_l. Ceci montre qu'au

maximum de la bande 7620 Å l'absorption dans le liquide est voisine de l'absorption dans le gaz comprimé à la même densité d'environ 800 Amagats. (Il est de ce fait permis de douter de l'existence de l'effet de température considérable sur ε_{max} déduit par Guillen de l'étalement des points G_{77}, E et G_{90}.)

La figure 5 montre que, dans le liquide le profil de la bande 7620 Å est environ deux fois plus étroit que dans le gaz à même densité. Le rapport des coefficients d'extinction intégrés sur toute la largeur de cette bande dans le liquide à 90°K et dans le gaz à même densité et 295°K donne $\int \varepsilon d\nu_{gaz} / \int \varepsilon d\nu_{liquide} \neq 1,9$.

Au sujet de l'interprétation des résultats ci-dessus nous nous contenterons ici des remarques suivantes : 1° L'important accroissement de l'intensité sous pression montre clairement que les bandes étudiées sont sensibles à l'effet de l'environnement, alors que les premiers observateurs (¹) les considéraient comme simplement dues à des transitions partiellement interdites; 2° L'indépendance de l'intensité, à densité constante, au maximum de la bande, par rapport à la température (*fig.* 1) pourrait être en accord avec des théories du type statistique, qui ne tiennent pas compte du mouvement des molécules; 3° La variation plus rapide de l'intensité des ailes en fonction de la pression (*fig.* 3) et leur variation avec la température (*fig.* 5), sous réserve que l'effet d'ordre résultant du passage de l'état gazeux à l'état liquide n'introduise pas de variation appréciable, sont vraisemblablement liées à la rotation plus ou moins gênée des molécules O_2.

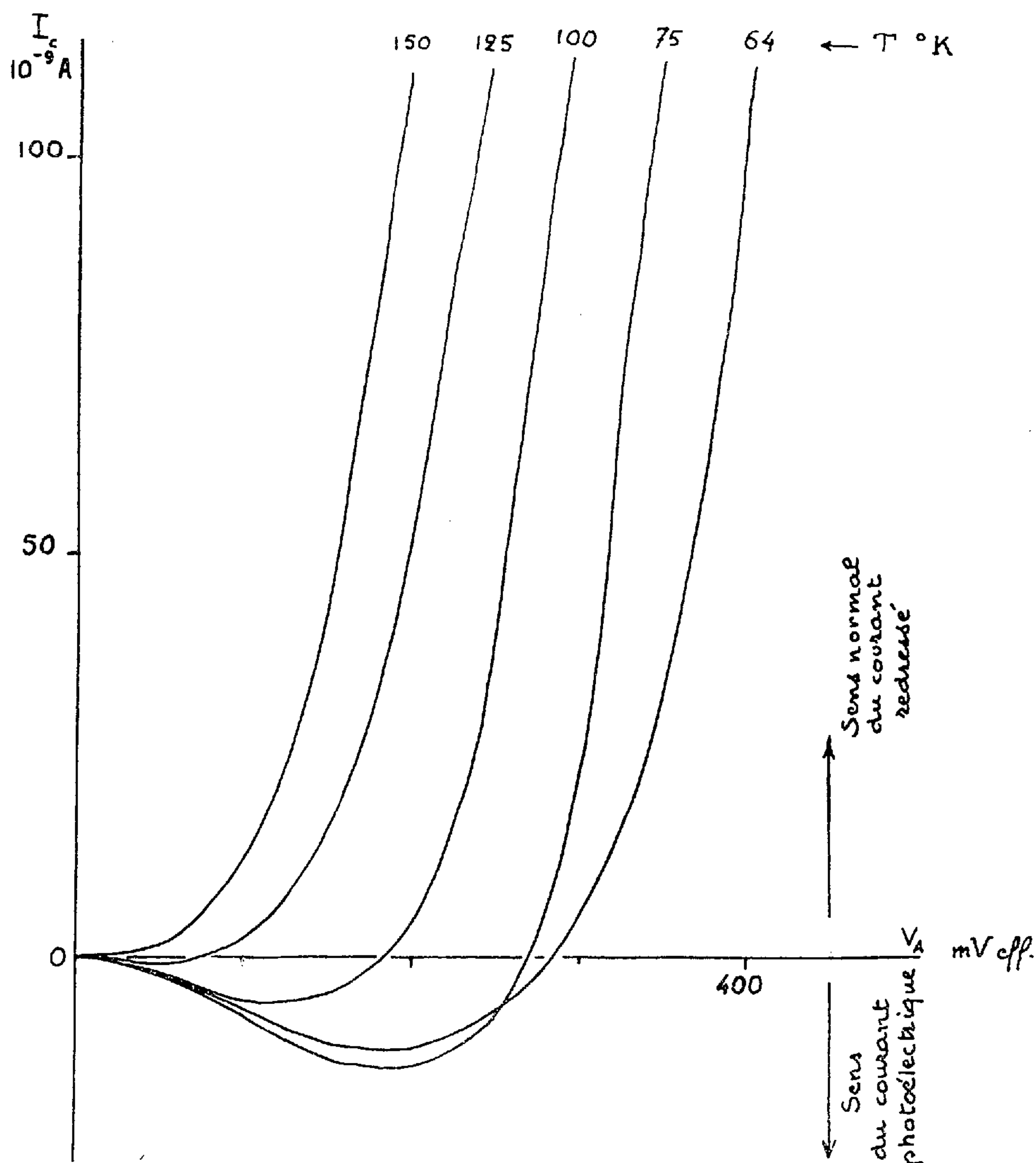
Les données dont nous avons eu connaissance jusqu'ici sur l'absorption de O_2 atmosphérique sont trop divergentes pour qu'il soit possible de les raccorder aux mesures sous pression élevée; il est probable qu'une des raisons de divergences est liée à la difficulté bien connue des mesures d'intensité en présence d'une structure de rotation.

(¹) H. Salow *Dissertation Berlin*, 1935.
(²) J. Robin et S. Robin, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 331.
(³) J. Robin et B. Vodar, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 500.
(⁴) *Thèse*, Amsterdam, 1955.
(⁵) Communication personnelle.
(⁶) W. Ellis et O. Kneser, *Z. Physik*, 86, 1933, p. 583.
(⁷) *Thèse*, Paris, 1937.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Une anomalie des conductibilités directe et inverse d'une photopile au sélénium refroidie à basse température et réactivée par l'infrarouge.* Note de M. **Georges Blet**, transmise par M. Louis Néel.

Nous avons déjà signalé le comportement particulier aux basses températures des photopiles au sélénium (¹). Rappelons brièvement que le refroi-

dissement aux environs de 75° K fait tomber la sensibilité au millième environ de sa valeur pour la température ambiante, mais qu'une exposition de courte durée à un rayonnement peu intense de longueur d'onde convenable dans le proche infrarouge réactive la cellule en ramenant sa sensibilité à 60 % environ de sa valeur à la température ambiante. C'est cette évolution de la sensibilité que nous avons appelée « réactivation par le proche infrarouge aux basses températures ».



Nous avons également procédé à des mesures de conductibilité directe et inverse aux basses températures. La conductibilité diminue d'abord très rapidement puis subit à partir de 150° K des variations lentes et irrégulières.

Ainsi pour 200 mV la conductibilité décroît de 4,8 et 0,45 micromhos (dans le sens direct ou inverse) à la température ambiante jusqu'à des valeurs dix mille fois plus faibles autour de 100° K.

Dans ce domaine de température (entre 125 et 75° K), nous avons pu constater pour de faibles polarisations une inversion très peu marquée du sens de conductibilité directe. Les courants étant très faibles, les mesures n'ont qu'un caractère qualitatif.

Si la photopile ainsi refroidie reçoit un éclairement du proche infrarouge, par exemple 10^4 ergs de longueur d'onde 0,75 μ, la conductibilité augmente considérablement et l'inversion observée précédemment devient très marquée.

Il est possible de la mettre directement en évidence en établissant aux bornes de la photopile une tension alternative et en mesurant la composante continue détectée. On constate alors que pour les températures inférieures à 125° K et pour de faibles tensions le courant détecté circule en sens inverse du sens habituel. La tension d'inversion du phénomène est d'autant plus élevée que la température est plus basse. Dans ces conditions les courants sont assez grands pour être mesurés avec une bonne précision. Le phénomène est quantitativement identique à lui-même et reproductible pour toutes les fréquences auxquelles nous avons fait les mesures, soit de 50 à 5 000 Hz.

Il est à remarquer qu'en aucun cas il n'y a eu inversion du sens du courant photoélectrique.

Il existe donc dans le domaine des températures inférieures à 150° K et principalement pour une photopile réactivée, un domaine de tensions où le courant détecté est de même sens que le courant photoélectrique.

La figure montre les variations du courant détecté en fonction de la tension alternative efficace appliquée pour diverses valeurs de refroidissement de la photopile, suivi dans tous les cas par une réactivation avec 10^4 ergs de longueur d'onde 0,75 μ.

(1) G. Blet, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 798; **242**, 1956, p. 95; *J. Phys. Rad.*, **17**, 1956, p. 430.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Étude de la diffusion Rayleigh par le quartz en lumière monochromatique*. Note (*) de Mlle Lucienne Taurel, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié antérieurement la diffusion de la lumière par le quartz et précisé les conditions expérimentales qui permettent de constater l'accord avec les résultats théoriques dans la mesure où l'on prend comme facteur de

Rayleigh du benzène une valeur comprise entre 25 et 30.10^{-6} à 18° C pour $\lambda = 4\,358$ Å [1].

La source lumineuse utilisée dans ces expériences était une lampe à vapeur de mercure Osram type HBO.500 qui fournit, en plus des raies du mercure un spectre continu intense.

Nous avons repris cette étude en interposant des filtres interférentiels sur le faisceau incident qui isolent les raies du mercure : 4 358, 5 460, 5 790 Å. L'intensité incidente étant plus faible, nous avons dû travailler en lumière incidente naturelle, et nous n'avons pu étudier que la « composante I » (lumière diffusée dont le vecteur lumineux est perpendiculaire au plan formé par les directions d'incidence et de diffusion).

Nous indiquons dans la première partie du tableau ci-dessous les résultats obtenus expérimentalement. $\Phi_{(I)}$ représente la fraction de lumière diffusée à 18° C par les ondes d'agitation thermique qui sillonnent le cristal de quartz, Φ_B est le flux total diffusé par le benzène lorsqu'on l'éclaire en lumière naturelle dans les mêmes conditions que le quartz.

L'échantillon A provient de Madagascar, le cristal est éclairé suivant un axe binaire Ox et le faisceau diffusé est parallèle à Oy perpendiculaire à Ox et à l'axe ternaire Oz.

L'échantillon B provient du Brésil, les directions d'incidence et de diffusion sont perpendiculaires à l'axe ternaire du cristal, mais nous ne connaissons malheureusement pas leur orientation par rapport aux axes Ox et Oy.

Dans la seconde partie, nous indiquons les valeurs de $\Phi_{(I)}/\Phi_B$ relatives à l'échantillon A, en supposant le facteur de Rayleigh du benzène égal à $26,5.10^{-6}$ à 18° C pour $\lambda = 4\,358$ Å.

	λ (Å).	5 790.	5 460.	4 358.
$\frac{\Phi_{(I)}}{\Phi_B}$ expérimental à 18° C	Échantillon A......	$6,0.10^{-3}$ $\pm 0,6.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$ $\pm 0,6.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$ $\pm 0,6.10^{-3}$
	Échantillon B.......	$4,4.10^{-3}$ $\pm 0,4.10^{-3}$	$4,0.10^{-3}$ $\pm 0,4.10^{-3}$	$4,6.10^{-3}$ $\pm 0,4.10^{-3}$
$\frac{\Phi_{(I)}}{\Phi_B}$ théorique à 18° C	Avec $R_B = 26,5.10^{-6}$ Pour $\lambda = 4\,358$ Å	$5,8.10^{-3}$	$5,8.10^{-3}$	$5,7.10^{-3}$

A la précision des mesures près, le rapport $\Phi_{(I)}/\Phi_B$ est indépendant de la longueur d'onde incidente. Il y a accord entre les valeurs expérimentales et théoriques pour le cristal A.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) J. Chapelle et L. Taurel, *J. Chim. Phys.*, 52, n° 4, 1955, p. 307.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Trappes en luminescence organique.* Note de MM. **Adnan Zmerli** et **Paul Pesteil**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'électron luminescent ne part pas du niveau O', mais d'un niveau vibrationnel de la molécule excitée : 924 cm⁻¹ pour le benzène et 1023 cm⁻¹ pour le naphtalène. Le niveau O' est donc une trappe qui doit pouvoir être mise en évidence par des expériences de thermoluminescence.

Dans son Mémoire de 1936, J. Frenkel ([1]) prévoit l'existence de deux sortes d'excitons, l'exciton libre et l'exciton trappé; l'existence de ce dernier proviendrait, non pas d'inhomogénéités physiques permanentes ou d'impuretés chimiques, mais de la distorsion du réseau au voisinage de la particule excitée.

J. W. Sidman ([2]) a envisagé récemment l'existence de ces deux formes d'excitons dans le cas du cristal d'anthracène, mais on peut se demander ce qui joue, dans le cristal organique, le rôle de trappe. C'est une solution à ce problème que nous pensons donner dans la présente Note.

L'étude de la structure vibrationnelle de nombreux spectres à basse température ([3]) nous a conduits à admettre que les niveaux électroniques excités qui interviennent en luminescence sont différents de ceux correspondants aux bandes d'absorption les plus voisines. D'autre part, les transitions $O' \rightarrow O''$ calculées sont de fréquences très supérieures à la raie de plus grande fréquence du spectre de luminescence : de 1606 cm^{-1} pour le benzène ([4]) et de 1391 cm^{-1} pour le naphtalène ([5]). Nous rappellerons que le principe essentiel sur lequel nous nous étions appuyés pour notre analyse était le suivant : à basse température et en milieu condensé, l'électron ne peut retomber que du niveau le plus bas de l'état excité, c'est-à-dire du niveau non vibrationnel, O'. D'autres auteurs avaient déjà fait cette hypothèse légitime ([6]).

Revoyons les résultats concernant le benzène et le naphtalène en abandonnant cette hypothèse.

a. Benzène. — Brooude ([7]) a trouvé que, du fait de résonance, le niveau électronique O' se sépare en absorption en deux composantes situées respectivement à 37811 et 37786 cm^{-1}; la séparation a lieu aussi pour tous les harmoniques de la vibration 924 cm^{-1} de l'état excité. Nous avions nous-même situé l'origine de la transition de luminescence à 38724 cm^{-1} ([4]); or, ce niveau se trouve sur la position moyenne du niveau vibrationnel 924 cm^{-1} (dédoublée en 38735 et 38710 cm^{-1} dans le spectre d'absorption). Nous sommes en droit de tirer les conclusions suivantes de ce qui précède :

Dans le cas du benzène cristallisé, l'électron luminescent ne retombe pas du niveau O', mais du niveau vibrationnel 924, correspondant à la pulsation totalement symétrique de la molécule (992 à l'état fondamental).

Notre précédente analyse vibrationnelle ([4]) subsiste évidemment.

b. Naphtalène. — D. S. Mc Clure [8] a trouvé que le niveau non vibrationnel de la première transition du naphtalène se dédouble dans le spectre d'absorption du cristal pur en deux composantes situées à 31 642 et à 31 476 cm^{-1}; la moyenne de ces deux bandes est 31 561 cm^{-1}, position très voisine de la transition électronique pure du naphtalène en solution dans le durène située à 31 554 cm^{-1} [9].

Notre analyse vibrationnelle du spectre de fluorescence ultraviolet [5] nous avait fait calculer l'origine à 32 450 cm^{-1}; mais des résultats plus récents sur le spectre de phosphorescence dans le visible [10] nous incitent à la placer 1 525 cm^{-1} en avant de la première bande (au lieu de 1 391 cm^{-1}) c'est-à-dire à 32 584 cm^{-1} (31 059 + 1 525). La différence entre 32 584 et 31 561 doit nous donner la fréquence de la vibration de l'état excité d'où part l'électron luminescent; on trouve 1 023 cm^{-1}.

Mlle J. Guilbert [11] dans le spectre d'absorption de la vapeur et Mc Clure [9] dans le spectre du naphtalène dans le durène trouvent bien une bande faible située 1023 cm^{-1} au-dessus de la transition $O'' \rightarrow O'$. Il faut maintenant savoir quelle est la fréquence de cette vibration à l'état fondamental. D'après une règle générale, cette fréquence doit être supérieure à 1 023 ; nous proposons la vibration 1 145, de symétrie β_{1g}, qui conviendrait parfaitement car elle explique la polarisation B_{2u} de la luminescence alors que le niveau excité est de symétrie B_{3u} [5]. Les raies de luminescence s'expliquent alors parfaitement par des combinaisons de vibrations de symétrie résultante α_{1g} de fréquences supérieures ou égales à 1525 cm^{-1} (par exemple : $1525 = 2 \times 762$).

Tout ce que nous venons de dire montre que l'électron ne retombe pas du niveau non vibrationnel O'; ce niveau jouant le rôle d'une trappe, on doit pouvoir le déceler par des expériences de thermoluminescence.

G. T. Randall et M. H. S. Wilkins [12] ont établi que la profondeur des trappes est donnée par la relation : $\nu_{cm^{-1}} = 30\,KT/hc$ (T, température de thermoluminescence; K, constante de Boltzman; *h*, constante de Planck; *c*, vitesse de la lumière). Pour 924 cm^{-1}, on trouve une température de 43°K. J. Sharma [13] a fait des mesures pour le benzène entre 100 et 300°K; il a trouvé des maxima vers 130 et 170°K qui correspondent peut-être aux harmoniques 3 et 4 des niveaux 924. Il serait intéressant de faire des mesures au-dessous de 100°K pour vérifier directement notre hypothèse par l'observation de maxima vers 43 et 86°K.

Une dernière question se pose encore : pourquoi l'électron retombe-t-il d'un niveau vibrationnel ?

Dans une Note récente [14] nous avons envisagé, pour expliquer la perte d'énergie de 1500 cm^{-1} environ lors du transfert, une hypothèse analogue à celle de Mott et Seitz : la courbe du potentiel excitée se déplace lors de l'émission vers les coordonnées de configuration croissantes. On peut remarquer maintenant que le principe de Franck-Condon peut encore être

sauvegardé, sans déplacement de courbe si l'électron retombe d'un niveau vibrationnel $v'=1$ dont la répartition électronique admet deux maxima. La position de départ de l'électron correspondant à l'émission de l'*exciton libre* est privilégiée : elle se trouve à l'aplomb du niveau vibrationnel fondamental voisin de 1500 cm^{-1}, énergie perdue lors du transfert.

(1) *Phys. Z. Sowjetunion*, 9, 1936, p. 158.
(2) *Phys. Rev.*, **102**, 1956, p. 96.
(3) P. Pesteil, A. Zmerli et Coll., *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 1789; **239**, 1954, p. 255; **240**, 1955, p. 2217; **241**, 1955, p. 29; **242**, 1956, p. 1876; *Ann. Phys.*, **10**, 1955, p. 1079.
(4) P. Pesteil et L. Pesteil, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1987.
(5) A. Zmerli et P. Pesteil, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 938.
(6) H. Shull, *J. Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 295.
(7) V. L. Broude, V. S. Medvédev et A. F. Prikhodko; *J. Phys. Exp. et Théor. U.R.S.S.*, **21**, 1951, p. 665.
(8) *J. Chem. Phys.*, **23**, 1955, p. 1575.
(9) D. S. Mc. Clure, *J. Chem. Phys.*, **22**, 1954, p. 1668.
(10) P. Pesteil et A. Zmerli, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2822.
(11) *Diplôme d'études sup.*, Paris, 1955.
(12) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **184**, 1945, p. 365.
(13) *J. Chem. Phys.*, **24**, 1956, p. 39.
(14) P. Pesteil et A. Zmerli, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1506.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une nouvelle méthode de calcul des sections efficaces des réactions nucléaires provoquées par des rayonnements γ de freinage.* Note (*) de M. **Robert Basile**, présentée par M. Frédéric Joliot.

S'appuyant sur une formule empirique simple représentant la répartition énergétique des photons dans un spectre de freinage, l'auteur donne une solution explicite pour le calcul de la section efficace des réactions photonucléaires. La formule obtenue permet d'éviter le calcul par récurrence comme dans la *Photon difference Method* et permet de simplifier les interprétations théoriques.

Lorsqu'on étudie les réactions nucléaires provoquées par les γ de freinage délivrés par exemple par un bétatron, un des problèmes les plus délicats de l'interprétation est celui du passage de la courbe d'activation mesurée directement à la courbe de section efficace.

Si l'on appelle $A(E_m)$ l'activation rapportée à une unité de flux incident, E_m étant l'énergie maximum du spectre utilisé, on a

$$A(E_m)=\frac{\int_{E_0}^{E_m} N(E_m, E)\,\sigma(E)\,dE}{\int_0^{E_m} E\,N(E_m, E)\,dE},$$

E étant une énergie de photons comprise entre o et E_m, $\sigma(E)$ la section efficace de réaction à l'énergie E, $N(E_m, E)$ le nombre de photons d'énergies comprises entre E et $E+dE$ dans le spectre d'énergie maximum E_m, E_0 l'énergie du seuil de la réaction.

L'intégrale du dénominateur est seulement approximative, mais cette simplification ne joue aucun rôle dans notre raisonnement ([1]).

Les conditions aux limites sont les suivantes $(E_0) = A(E_0) = 0$.

Comme nous l'avons déjà signalé ([2]), la connaissance de la fonction $N(E_m, E)$ est encore assez partielle, aussi bien sur le plan théorique ([3]) que sur le plan expérimental ([4]) et plus particulièrement en ce qui concerne la partie la plus énergique du spectre. Nous avons alors proposé d'utiliser la forme empirique simple :

$$N(E_m, E) = \frac{\sqrt{E_m - E}}{E} \quad ([5])$$

qui est très proche de la forme théorique de Schiff et se trouve en excellent accord avec les mesures expérimentales.

Si l'on adopte cette expression on peut écrire

$$\frac{2}{3} E_m^{\frac{3}{2}} A(E_m) = \int_{E_0}^{E_m} \sqrt{E_m - E}\, \frac{\sigma(E)}{E}\, dE,$$

ou encore

$$\frac{d}{dE_m}\left(\frac{2}{3} E_m^{\frac{3}{2}} A(E_m)\right) = \frac{1}{2} \int_{E_0}^{E_m} \frac{1}{\sqrt{E_m - E}}\, \frac{\sigma(E)}{E}\, dE.$$

En posant

$$E_m = E_0 + x_m, \qquad E = E_0 + x,$$

on arrive à

$$\frac{d}{dx_m}\left[\frac{2}{3}(E_0 + x_m)^{\frac{3}{2}} A(x_m)\right] = \frac{1}{2} \int_0^{x_m} \frac{1}{\sqrt{x_m - x}}\, \frac{\sigma(x)}{E_0 + x}\, dx.$$

L'intégrale du deuxième membre est la fonctionnelle d'Abel ([6]). Compte tenu des conditions à l'origine, on peut écrire directement la solution

$$\sigma(x) = \frac{2}{\pi}(E_0 + x) \int_0^x \frac{d^2}{dt^2}\left(\frac{2}{3}(E_0 + t)^{\frac{3}{2}} A(t)\right) \frac{dt}{\sqrt{x - t}}.$$

Il y a évidemment grand intérêt à éviter le calcul des dérivés, les fonctions A ne pouvant être connues qu'avec une précision souvent médiocre. Par ailleurs, pour le calcul sur fonction numérique, il est nécessaire de supprimer la divergence apparente de l'intégrale. Pour cela intégrons de zéro à $x - \Delta x$ puis de $x - \Delta x$ à x, ce qui donne

$$\sigma(x) = \frac{2}{\pi}(E_0 + x)\left[\int_0^{x - \Delta x} \frac{d^2}{dt^2}(\mathcal{A}(t)) \frac{dt}{\sqrt{x - t}} + 2\sqrt{\Delta x}\, \mathcal{A}''(x) - \frac{4}{3}(\Delta x)^{\frac{3}{2}} \mathcal{A}'''(x)\right],$$

en posant $\mathcal{A}(x) = 2/3\,(\mathrm{E}_0 + x)^{\frac{3}{2}}\,\mathrm{A}(x)$, les primes indiquant les dérivées par rapport à x calculées au point x.

En intégrant alors par parties, on aboutit à

$$\sigma(x) = \frac{2}{\pi}(\mathrm{E}_0 + x)\left[\frac{3}{4}\int_0^{x-\Delta x}\frac{\mathcal{A}\,dt}{(x-t)^{\frac{5}{2}}} - \frac{\mathcal{A}(x)}{2(\Delta x)^{\frac{3}{2}}} + \frac{\mathcal{A}'(x)}{(\Delta x)^{\frac{1}{2}}} + 2(\Delta x)^{\frac{1}{2}}\mathcal{A}''(x) - \frac{4}{3}(\Delta x)^{\frac{3}{2}}\mathcal{A}'''(x)\right].$$

On voit ainsi que, si $\Delta(x)$ est petit et la courbe d'activation assez régulière, l'essentiel de la valeur cherchée est donnée par les termes où l'utilisation directe de $\mathcal{A}$ et à la rigueur de $\mathcal{A}'$ est suffisante.

Par ailleurs, on peut constater que le problème de la largeur des raies d'absorption pour les noyaux légers, étant lié aux discontinuités de $\mathcal{A}'$, fait intervenir les valeurs de $\mathcal{A}''$ et $\mathcal{A}'''$, ce qui le rend très difficile à résoudre par les mesures directes d'activation.

Enfin, disposant d'une solution explicite, il n'est pas nécessaire de calculer $\sigma(\mathrm{E})$ par récurrence et la connaissance de la section efficace en un point n'est plus liée à la connaissance de la section efficace aux énergies inférieures comme dans la « Photon difference Method » proposée par Katz (7). On peut ainsi éviter une accumulation d'erreurs partielles.

(*) Séance du 18 novembre 1956.

(1) Il est possible de corriger le dénominateur pour tenir compte par exemple du rendement de la chambre d'ionisation ou des perturbations apportées par la paroi de la chambre d'accélération.

(2) Basile, *Thèse*, Paris, 1956.

(3) Schiff, *Phys. Rev.*, 85, p. 252.

(4) E. V. Weinstock et J. Halpern, *Phys. Rev.*, 100, n° 5, p. 1293.

(5) Une généralisation consisterait à poser $\mathrm{N}(\mathrm{E}_m, \mathrm{E}) = (\mathrm{E}_m - \mathrm{E})^{\alpha}$. Le calcul qui suit reste alors possible dans les mêmes conditions.

La formule proposée ici est valable au voisinage de 20 MeV.

(6) Goursat, *Cours d'analyse mathématique*, I, Gauthier-Villars, Paris, 1943, p. 334.

(7) L. Katz et A. G. W. Cameron, *Can. J. Phys.*, 29, 1951, p. 518.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état physique et de l'irradiation infrarouge sur l'absorption dipolaire hertzienne d'échantillons très purs de sélénium hexagonal.* Note (*) de MM. **Jean Meinnel**, **Marcel Eveno** et **Fernand Trigolet**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'absorption hertzienne du sélénium hexagonal permet de retrouver la position des niveaux accepteurs dus aux défauts apparus lors de la cristallisation (0,15 et 0,25 eV). L'étude de l'influence de la lumière montre une action sélective des radiations rouge et proche infrarouge : il existe un seuil d'action vers 1,4 μ et des maxima d'effet vers 1,10 et 0,7 μ ; ce phénomène serait dû à des niveaux pièges.

Produits utilisés. — Dans de précédentes publications [1], [2], [3], l'un de nous a donné les résultats obtenus avec des poudres de sélénium hexagonal impur. Récemment, nous avons pu disposer de produits beaucoup plus purs ne contenant *qu'une proportion de* 10^{-5} *atomes d'impuretés* (Na : 3.10^{-6}, Fe : 2.10^{-6}, Si : 10^{-6}, Mg : 10^{-6}, Cu : 2.10^{-7}). Ce produit étant sous la forme vitreuse, nous l'avons fait cristalliser dans un creuset de platine, en le chauffant pendant 33 h, sous atmosphère d'hélium. Nous avons ainsi réalisé *trois groupes de préparation* correspondant aux trois températures de traitement suivantes : [1] 478° K (zone de vitesse maximum pour la croissance des cristaux), [2] 403° K et [3] 383° K (zone où le nombre de germes formés est maximum).

Étude hertzienne à l'obscurité. — Le sélénium vitreux ne présente aucune absorption hertzienne décelable ($\varepsilon'' < 10^{-4}$) dans le domaine de fréquence ($0,5.10^2$ à $0,5.10^7$ Hz) et de températures (80 à 300° K) étudiées. *Par contre, tous les produits cristallisés présentent une absorption hertzienne assez importante* ($\varepsilon'' \sim 0,5$).

Du déplacement des bandes d'absorption en fonction de la température, on peut déduire l'énergie d'activation du processus d'absorption :

échantillon	[1]	cristallisé à	478° K : U = 0,16 eV;
»	[2]	»	403° K : U = 0,15 eV;
»	[3]	»	383° K : U = 0,24 eV.

Rappelons que par des mesures de conductivité, Henkels [4] avait obtenu 0,15 eV pour des produits cristallisés à 483° K et 0,27 eV pour des produits cristallisés à 383° K.

Ainsi, *grâce à l'absorption hertzienne*, nous avons obtenu *les deux niveaux qui correspondent aux défauts de réseau d'origine physique* survenue lors de la cristallisation du sélénium vitreux en sélénium hexagonal.

Étude de l'action de l'irradiation rouge ou infrarouge. — Nous avons utilisé le système dispersif d'un spectrographe à prisme de chlorure de sodium (monofaisceau, double passage) pour éclairer nos produits dans la région de 0,5 à 3 μ. La source était le filament d'une lampe à incandescence dont on pouvait faire varier la température. La largeur des bandes spectrales utilisées (variable suivant la région) était comprise entre 0,02 et 0,10 μ. Le condensateur avait la forme habituelle en double peigne.

Influence de la longueur d'onde d'irradiation. — Nous avons opéré à éclairement constant pour déterminer l'influence relative des diverses régions du spectre : l'énergie lumineuse reçue sur le condensateur était de l'ordre de 0,05 μW/cm².

De l'étude des trois groupes de produits, nous avons déduit les résultats suivants (*fig.* 1) :

— *L'irradiation entre* 3,0 *et* 1,4 μ est sans action.

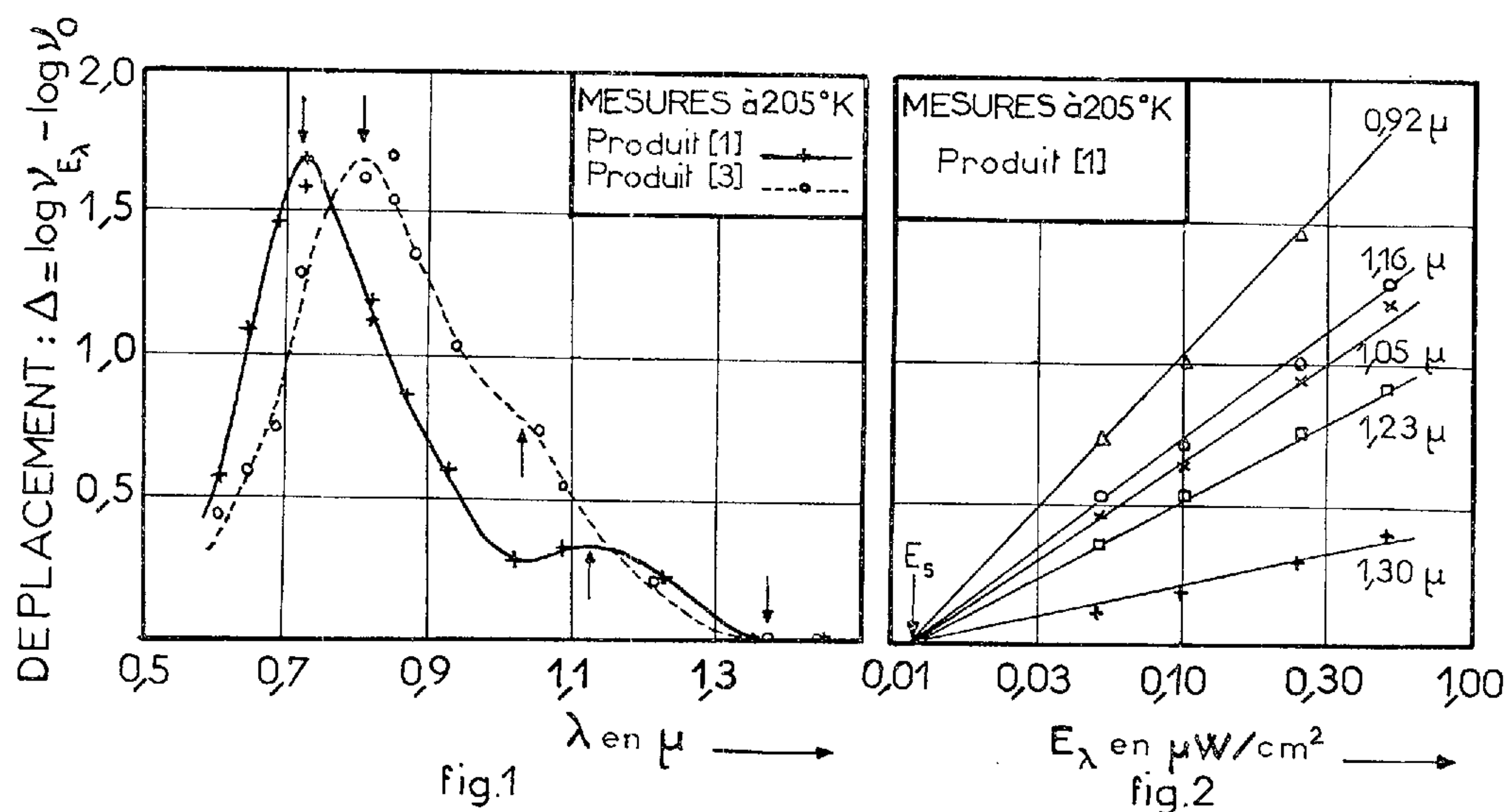
— *Pour des longueurs d'onde plus faibles, l'irradiation déplace la bande*

d'absorption du côté des hautes fréquences : la fréquence ν_E du maximum d'absorption du produit éclairé est donc supérieure à ν_0, fréquence du maximum à l'obscurité. Pour caractériser le déplacement nous avons représenté sur la figure 1 la variation de $\Delta = \log \nu_E - \log \nu_0$ en fonction de λ.

— *Pour tous les produits, il existe un seuil d'action vers* 1,4 μ; ce seuil pourrait s'expliquer par l'existence d'un niveau de pièges situé à 0,9 eV des niveaux accepteurs.

— Dans le proche infrarouge vers 1,10 μ (1,1 eV), le déplacement Δ passe par un premier maximum.

— Il existe un *second maximum de déplacement beaucoup plus intense* pour des radiations rouges (0,72 μ, soit environ 1,8 eV pour le produit 1). Ce maximum est suivi d'une décroissance rapide du côté des courtes longueurs d'onde. Il se produit dans une région où l'absorption propre et la photoconductivité du sélénium hexagonal commencent à peine à se manifester ([5]). Ce phénomène doit donc avoir une origine différente (second niveau piège ?).



Influence de l'énergie d'irradiation. — Les résultats des mesures effectuées sur l'un des échantillons cristallisés à 478° K sont représentés sur la figure 2. On peut noter que :

— le diagramme donnant le *logarithme du déplacement* Δ *en fonction du* logarithme de l'énergie radiante ($\log E_\lambda$) est linéaire ; toutes les droites convergent sur l'axe des abscisses pour une valeur d'énergie E_S ;

Si ν_0 est la fréquence du maximum d'absorption à l'obscurité ; pour de faibles éclairements, la fréquence ν_{E_λ} du maximum d'absorption pour le produit éclairé avec l'énergie E_λ est telle que :

$$\log \frac{\nu_{E_\lambda}}{\nu_0} = a_\lambda \log \frac{E_\lambda}{E_S}, \qquad \text{soit} \quad \nu_{E_\lambda} = \nu_0 \frac{E_\lambda}{E_S} a_\lambda,$$

a_λ est une fonction de la longueur d'onde λ que l'on peut déterminer d'après la courbe (1) :

$$a_\lambda = \log \frac{\nu_{E_\lambda} E_S}{\nu_0 E_\lambda};$$

l'extrapolation aux très faibles éclairements et la convergence de toutes les courbes suggèrent l'existence *d'un seuil d'intensité* E_S : ce serait l'énergie minimum nécessaire pour obtenir un déplacement.

Établissement du phénomène et retour à l'état initial. — Pour les produits purs, il faut éclairer au moins une demi-heure avant d'obtenir le déplacement maximum. On n'observe pas de changement une heure après cessation de l'éclairement. Pour régénérer le produit dans son état initial, il suffit de le réchauffer à 300° K.

Ces phénomènes [ainsi que les phénomènes de fatigue des cellules au sélénium ([5])] peuvent s'expliquer par l'existence de niveaux pièges.

Ainsi l'étude de l'absorption hertzienne du sélénium permet la détermination des niveaux d'énergie de ce semi-conducteur.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

([1]) J. Meinnel, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 124.

([2]) Y. Meinnel, J. Meinnel et Y. Balcou, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 78.

([3]) J. Meinnel et alt., *Arch. Sciences Genève*, 9, 1956, p. 62.

([4]) *J. Appl. Phys.*, 25, 1954, p. 1.

([5]) Blet, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 430.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la variation de la structure poreuse des cokes au cours de leur gazéification par l'anhydride carbonique et la vapeur d'eau.* Note (*) de Mme **Marthe Bastick**, MM. **Michel Moutach** et **Henri Guérin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que s'il existe une relation entre la réactivité d'un coke et la surface interne qui se développe sous l'action de l'anhydride carbonique ou de la vapeur d'eau, on ne peut pas définir un rapport fixe entre ces grandeurs; en d'autres termes, la vitesse de gazéification par mètre carré n'est pas constante. Ces constatations nous ont conduits à déterminer la répartition de l'aire de la surface interne des cokes entre les pores de différents diamètres et à suivre son évolution au cours de la réaction.

Nous avons effectué ce travail en utilisant la méthode de C. Pierce ([2]) sur les échantillons T, L, A ([1]) de réactivités nettement différentes à divers degrés d'usure. Les courbes ainsi obtenues présentent des maxima pour les mêmes dimensions de pores et ont des allures semblables, de telle sorte que nous avons pu découper les surfaces mesurées en différentes

tranches correspondant à des pores de diamètre compris entre deux valeurs données.

		Degrés d'usure de l'échantillon (%)...	~ 7.	~ 16.	~ 24.	~ 36.	~ 62.
Surface totale développée par		CO_2...	28,2	38,8	41,5	28,0	14,8
		H_2O...	74,0	106,0	113,0	95,0	23,3
Aire correspondant aux pores.	$d < 32$ Å	CO_2...	23,5	31,3	32,8	18,6	8,1
		H_2O...	65,4	83,5	73,0	45,8	6,8
	$32 \text{ Å} < d < 50$ Å	CO_2...	3,3	4,5	5,4	5,3	,13
		H_2O...	6,6	14,7	29,7	30,6	6,9
	$50 \text{ Å} < d < 100$ Å	CO_2...	0,7	1,7	2,0	1,8	1,4
		H_2O...	1,4	5,3	6,8	13,0	4,9
	$100 \text{ Å} < d < 400$ Å	CO_2...	0,36	0,78	0,86	1,58	1,40
		H_2O...	0,36	1,83	2,62	4,82	3,81
	$d > 400$ Å	CO_2...	0,27	0,45	0,56	0,66	0,78
		HO_1...	0,21	0,72	0,87	0,90	0,87

Dans le tableau ci-dessus, nous avons porté à titre d'indication quelques-unes des valeurs que nous avons ainsi déterminées avec le plus réactif des échantillons que nous avons étudiés. De l'ensemble de nos résultats, il ressort que :

1° Lorsque le coke commence à réagir avec l'anhydride carbonique ou avec la vapeur d'eau, sa surface interne se développe très rapidement; cet accroissement est dû essentiellement à la création de petits pores ($d < 50$ Å) qui proviennent soit du débouchage de pores préexistants mais obstrués par de fines particules résultant du broyage, soit de la combustion préférentielle de centres actifs.

2° On observe également un élargissement des pores qui se traduit pour l'aire de chaque tranche par une perte au profit des pores de diamètres supérieurs plus ou moins compensée par un gain provenant de l'élargissement des pores plus fins. C'est ainsi que l'aire correspondant aux plus gros pores ($d > 400$ Å) ne cesse de croître avec l'usure tandis que l'aire des plus petits pores, après être passée par un maximum apparaissant simultanément avec celui de la surface totale, ne cesse ensuite de décroître.

3° Cette disparition des pores de diamètres inférieurs à 32 Å pour des usures plus poussées que celle correspondant au maximum de surface, est plus rapide dans la gazéification par la vapeur d'eau que par l'anhydride carbonique. Ceci semblerait montrer que l'anhydride carbonique réagit moins dans les petits pores dans lesquels il pénétrerait moins profondément. Cette différence peut être attribuée au fait que l'anhydride carbonique réagit plus vite que l'eau et n'a pas le temps de pénétrer au fond des petits pores, c'est-à-dire que, dans nos conditions opératoires et compte tenu d'une inhibition possible, le facteur d'efficacité des chocs sur la surface du coke est plus faible pour l'eau que pour l'anhydride carbonique.

Cette hypothèse paraît confirmée par d'autres observations que nous avons faites. Ainsi, la vitesse de gazéification par mètre carré est plus élevée pour les cokes étudiés lorsque ceux-ci réagissent avec l'anhydride carbonique qu'avec l'eau.

Lorsqu'on abaisse la température à laquelle on opère et qu'on diminue par conséquent le nombre des chocs efficaces de la réaction, les surfaces développées par action de l'anhydride carbonique sur un échantillon donné se rapprochent de celles qu'on obtient avec l'eau à température plus élevée : aires totales du même ordre, prédominance des petits pores, évolution parallèle en fonction de l'usure. C'est ainsi qu'avec l'échantillon T, on peut classer les surfaces dans l'ordre suivant : celles qui ont été développées par CO_2 à 1000° et par H_2O à 1100°, par CO_2 à 900° et par H_2O à 1000°.

L'activation par l'eau est plus efficace que par l'anhydride carbonique sur les cokes les plus réactifs dans lesquels peuvent se développer de nombreux pores longs et fins. Cette différence décroît avec la réactivité dont les variations d'un échantillon à l'autre sont en grande partie imputables au développement des surfaces internes, développement dont les petits pores sont essentiellement responsables. D'après nos résultats, l'anhydride carbonique réagit moins que l'eau dans les petits pores, ce qui explique que les différences entre les surfaces des cokes étudiés soient plus nette avec l'eau.

Il apparaît donc que la réactivité d'un coke dépend essentiellement de son aptitude à donner naissance à des petits pores lorsqu'il réagit avec l'anhydride carbonique ou l'eau.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) M. Bastick, J. Bastick, M. Moutach et H. Guérin, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2524.

(2) C. Pierce, *J. Phys. Chem.*, 57, 1953, p. 149-153.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Utilisation de la méthode de conjonction des réactions pour la comparaison des constantes cinétiques en catalyse hétérogène*. Note de MM. **Jean-Pierre Wauquier** et **Joseph-Charles Jungers**, présentée par M. Paul Pascal.

En engageant par deux ou par trois dans l'hydrogénation catalysée par le nickel les huit hydrocarbures aromatiques caractéristiques qui font l'objet de cette étude, il a été possible d'établir une échelle cohérente de leurs réactivités relatives.

Selon une théorie actuellement classique de la catalyse hétérogène (1) la vitesse d'une réaction d'hydrogénation peut se traduire par

$$(1) \qquad -\frac{dc}{dt} = k\frac{bc}{1+\Sigma b_i c_i}f(H_2),$$

où b et c représentent respectivement le coefficient d'adsorption et la concentration du réactif.

Si l'on engage simultanément deux substances (A et B) qui entrent en concurrence pour le catalyseur et pour l'hydrogène suivant la même cinétique, il vient

$$\frac{dc_A}{dc_B} = \frac{k_A b_A c_A}{k_B b_B c_B}, \tag{2}$$

qui donne par intégration :

$$\frac{k_A b_A}{k_B b_B} = \frac{\log c_{A_0} - \log c_A}{\log c_{B_0} - \log c_B}, \tag{3}$$

où l'indice zéro se rapporte aux concentrations initiales. La réactivité effective des corps (kb) est fonction non seulement de leur constante de vitesse propre, mais encore de leur coefficient d'adsorption qui régit le partage de la surface catalytique entre les deux réactifs en concurrence.

Le tableau présente à titre d'illustration les résultats obtenus sur le nickel de Raney avec le mélange des trois isomères du xylène. La réaction a été effectuée en autoclave sous une pression moyenne de 50 kg/cm² d'hydrogène; le degré d'avancement de la réaction, exprimé en pour cent, est indiqué dans la première colonne. La composition du liquide est déterminée sur des prises d'égal volume par analyse infra-rouge : elle est exprimée en grammes par litre dans les colonnes 2, 3 et 4. La diminution de concentration en réactif est due en partie au fait que le volume du liquide augmente progressivement jusqu'à 117 % en fin de transformation. La composition molaire constitue donc une meilleure mesure du degré d'avancement; elle figure dans les colonnes 5,6 et 7. Grâce à la formule (3) on calcule pour le rapport des réactivités les valeurs des colonnes 8, 9 et 10. On constate que le rapport des réactivités se maintient de manière très satisfaisante au cours de la réaction.

Hydrogénation en concurrence des isomères du xylène.
Volume de liquide : 100 cm³. Autoclave : 400 cm³.
Nickel de Raney : 1 g. T = 170° C.
O = *o*-xylène. M = *m*-xylène. P = *p*-xylène.

	Concentration (g/l).			Fraction molaire.			$\frac{k_A b_A}{k_B b_B}$.		
x.	O.	M.	P.	O.	M.	P.	O/M.	P/M.	O/P.
0......	272	264	303	0,324	0,314	0,362	–	–	–
23......	198	213	231	0,246	0,263	0,286	1,55	1,32	1,17
38......	155	179	187	0,197	0,226	0,238	1,53	1,28	1,20
45......	131	161	167	0,168	0,208	0,215	1,56	1,26	1,25
59......	96	129	121	0,126	0,168	0,160	1,51	1,30	1,16
64......	82	113	109	0,108	0,149	0,144	1,50	1,24	1,19
							1,53	1,28	1,20

Les autres hydrocarbures ont été comparés deux à deux; les résultats sont présentés dans la figure 1 : la flèche est dirigée vers le corps dont la réactivité est la plus faible. Ces données constituent un ensemble remarquablement cohérent : en effet, le rapport des réactivités obtenu par comparaison directe

Fig. 1

entre deux corps est pratiquement égal à celui que l'on obtient en comparant chacun des termes à un même troisième. A titre d'exemple : l'isopropylbenzène et le *p*-xylène en mélange donnent un rapport des réactivités de 1,81 en faveur du premier; combinant les rapports que chacun de ces corps donne avec l'éthylbenzène on obtient $3,44 : 1,88 = 1,83$; à partir des résultats obtenus avec l'*o*-xylène comme terme de comparaison on trouve $1,50 . 1,20 = 1,80$; la comparaison avec la tétraline fournit 1,87. Le cheminement par l'*o*-xylène, le benzène et la tétraline, comportant des valeurs plus élevées et relativement moins précises, donne encore 1,91. Malgré la diversité des données qu'ils incluent ces résultats ne s'écartent que de 3 % du point moyen.

On peut supposer que cette remarquable cohérence des résultats n'est obtenue que parce que les substances comparées forment des mélanges quasi idéaux; on conçoit en effet qu'une tendance à la démixtion pourrait favoriser l'absorption d'un des constituants du mélange.

(1) J. C. JUNGERS et J. C. BALACEANU, *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, **10**, 1955, p. 30.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfures et polysulfures des terres rares cériques.* Note de M. **Marius Picon** et M[me] **Madeleine Patrie**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les sulfures S_3Me_2 des terres rares cériques existent sous trois formes α, β et γ. Les deux premières sont biaxes et s'obtiennent par dissociation des polysulfures S_2Me. La dernière est cubique, du type $S_3Ce_2\gamma$ et se forme à haute température par l'action de SH_2 sur les sels ou les oxydes. Les polysulfures S_2Me sont préparés en chauffant à 600° le soufre et les sulfures S_3Me_2. Ils sont cubiques d'un type nouveau S_2Ce.

M. Flahaut et M[lle] Guittard (¹) ont indiqué que les sulfures S_3Ce_2 décrits avant eux correspondaient à trois types différents qu'ils ont nommés α, β et γ caractérisables par leurs spectres X et leurs modes d'obtention.

Les dérivés α et β sont préparés par dissociation du polysulfure S_2Ce respectivement au-dessous de 1100 et à 1200°. Par contre, les formes β et γ s'obtiennent à partir de l'oxyde O_2Ce traité par SH_2. Au-dessous de 1000°, l'on produit généralement le sulfure β et, au-dessus, $S_3Ce_2\gamma$ cubique de type nouveau dérivé de celui de P_4Th_3. Cette dernière forme est pure en opérant à 1300°.

Le chauffage en tube scellé à 600° du sulfure S_3Ce_2 en présence d'un excès de soufre a fourni aux mêmes auteurs le polysulfure S_2Ce.

Ces divers résultats obtenus avec le cérium ont été reproduits par nous avec d'autres terres rares cériques. La, Pr, Nd et Sm.

Dans le tableau suivant, nous rassemblons les déterminations que nous avons faites et nous y ajoutons celles obtenues par M. Flahaut et M[lle] Guittard pour les composés de Ce et Y. Les propriétés physiques pour les dérivés de Pr, Nd, Sm et Y ont été déterminées avec des produits préparés à partir d'oxydes purs provenant du Laboratoire des Terres Rares de Bellevue du Centre national de la Recherche scientifique.

	Lanthane.	Cérium.	Praséodyme.	Néodyme.	Samarium.	Yttrium.
			$S_3Me_2\alpha$ (structure non connue).			
ation dans le vide....	Pas obtenu	S_2Ce à 700°	S_2Pr à 700°	S_2Nd à 700°	S_2Sm à 700°	–
....	–	Brun rouge foncé	Brun rouge foncé	Brun rouge foncé	Brun rouge foncé	–
....	–	4,95	5,19	5,26	5,59	–
ibilité magnétique 0^{-6}.................	–	2 270	–	4 600	1 120	–
			$S_3Me_2\beta$ (structure non connue).			
ation dans le vide....	S_2La à 850°	S_2Ce à 1200°	S_2Pr à 1100°	S_2Nd à 1100°	Pas obtenu	–
on.................	SH_2+ oxyde à 900°	SH_2+ oxyde à 1000°	SH_2+ oxyde à 1000°	SH_2+ oxyde à 1000°	SH_2+ oxyde à 1000°	–

	Lanthane.	Cérium.	Praséodyme.	Néodyme.	Samarium.	Yttrium.
Aspect	Beige clair	Rouge sang	Vert	Jaune verdatre	?	–
Densité	4,92	5,07	5,24	5,56	?	–
Susceptibilité magnétique $\chi_a \cdot 10^{-6}$	—30,3	2 194	4 730	4 750	?	–
Point de fusion instantanée	1 920° (donne $S_3La_2\gamma$)	1 750° (donne $C_3Ce_2\gamma$)	1 775° (donne $S_3Pr_2\gamma$)	–	–	–

$S_3Me_2\gamma$: cubique type S_3Ce_2 dérivé de P_4Th_3.

	Lanthane.	Cérium.	Praséodyme.	Néodyme.	Samarium.	Yttrium.
Préparation par SH_2+oxyde	1 300°	1 300°	1 300°	1 300°	1 300°	1 450°
Obtention (dans le vide)	S_2La à 1500°	S_2Ce à 1500°	S_2Pr à 1500°	S_2Nd à 1500°	S_2Sm à 1100°	S_2Y à 65
Aspect	Beige marron	Rouge cinabre	Orangé	Jaune verdâtre	Brun gris	Gris marr
Paramètre a en Å « vrai »	8,731	8,630	8,594	8,527	8,448	$b = 4,0$
Densité théorique	4,98	5,18	5,27	5,50	5,83	–
» trouvée	4,93	5,18	5,27	5,49	5,87	3,87
Susceptibilité magnétique $\chi_a \cdot 10^{-6}$	—27,1	2 132	4 622	4 924	1 020	83,4
Point de fusion instantanée (sur CTi et $p = 1/2\ 500$ mm Hg).	Volatilisé à 2 080°	Volatilisé à 2 060°	1 795°	2 010° dissocié en SNd	1 780° dissocié en S_4Sm_3, SSm et volatilisé	1 600°
Carburation (en 30 mn avec graphite)	1 750°	1 750°	1 750°	1 750°	Se volatilise	1 750°

Polysulfure S_2Me.

	Lanthane.	Cérium.	Praséodyme.	Néodyme.	Samarium.	Yttrium.
Aspect	Marron	Noir	Brun marron	Brun violacé	Noir	Brun viol
Maille	Cubique de type nouveau avec 8 mol par maille.					Quadrati
Paramètre en Å « vrai » a	8,20	8,12	8,08	8,04	7,96	Type nouv à 8 mol
» » c	–	–	–	–	–	$a = 7,7$; $c = 7,8$
Densité théorique	4,90	5,07	5,16	5,34	5,66	4,33
» trouvée	4,83 ; 4,775 (2)	4,96 ; 4,90 (3)	5,11	5,29	5,56	4,25
Composition S % théorie	31,58	31,40	31,27	30,77	29,88	41,90
» » trouvé	31,44	31,55	31,17	30,97	29,29	40,64
» métal % théorie	68,42	68,60	68,73	69,23	70,12	58,10
» » trouvé	68,16	69,08	69,35	69,26	71,09	59,26
Susceptibilité magnétique $\chi_a \cdot 10^{-6}$	—36,3	2 286	4 870	5 082	1 238	125
Point de fusion instantanée (sans carburation mais avec dissociation)	1 650°	1 700°	1 780°	1 760°	1 730°	1 660

Les sulfures S_3Me_2 des terres rares cériques ont des densités très voisines des valeurs calculées en admettant que, dans la maille cubique dérivée du type P_4Th_3 donc de S_4Me_3, des lacunes de métal conduisent aux sulfures S_3Me_2. Ceci confirme la nouvelle structure très particulière de ce type S_3Ce_2.

Les susceptibilités magnétiques sont très voisines pour les composés S_3Me_2 et pour les polysulfures S_2Me. Ces derniers corps sont donc constitués avec des métaux de valence trois. On a constaté, comme vérification, que les sulfures S_3Me_2 sont isolants au point de vue électrique; ils ne renferment donc pas d'électrons libres.

En ce qui concerne les points de fusion instantanée, effectuée sur des socles en carbure de titane qui évitent la carburation, on constate que S_3La_2 et S_3Ce_2 se volatilisent sans fondre vers 2070° en opérant dans un vide de 1/2500e de millimètre de mercure. Les autres sulfures fondent à des températures inférieures aux précédentes spécialement pour $S_3Pr_2\gamma$ à 1795°. On observe simultanément une légère dissociation, en sous-sulfure S_4Me_3 et même SMe pour les métaux Nd et Sm.

La dissociation est particulièrement nette dans le cas du samarium. Il suffit d'une demi-heure à 1800° pour réaliser une transformation complète en S_4Sm_3 (S : 22,17 %; Sm : 78,35 %) et une notable volatilisation (11,6 %). Pour les dérivés de La, Ce, Pr et Nd, la transformation reste faible après 2 h à 1850° et elle diminue avec le numéro atomique. C'est ainsi qu'après 2 h à 1750°, on obtient partiellement les sous-sulfures S_4Me_3 pour Nd et Ce, mais S_3La_2 reste stable.

Le tableau suivant indique les caractéristiques de la dissociation des polysulfures par la chaleur dans le vide, ce qui permet de préparer, à partir de 700°, les dérivés $S_3Me_2\ \alpha$, et les β au-dessus de 1200° (sauf $S_3La_2\alpha$ et $S_3Sm_2\beta$).

		S_2La	S_2Ce	S_2Pr	S_2Nd	S_2Sm
Température de formation de S_3Me_2	α...	Pas de α (rien à 600)	Jusqu'à 1100	Jusqu'à 1100	Jusqu'à 1100	Jusqu'à 1050
	β...	650 à 1400	1200 à 1400	1100 à 1400	1200 à 1400	Pas de β
	γ...	1500	1500	1500	1500	1100

La carburation des sulfures S_3Me_2 par le graphite dépend beaucoup des conditions expérimentales. En chauffant 30 mn dans un creuset de graphite le produit tassé et recouvert de plaques de graphite, elle débute à 1750°. Par contre, un chauffage dans un tube de graphite ouvert ne fournit qu'une carburation décelable qu'après 2 h à 1850°. Dans le cas du samarium, on observe une distillation très importante et sans carburation à 1820°.

L'oxydation par l'air ne se produit que vers 600° pour les dérivés du lanthane; elle a lieu dès 500° pour ceux de Pr, Nd et Sm. On obtient un mélange contenant un sulfate basique $SO_4(OMe)_2$ caractérisé par son spectre X et déjà signalé par Matignon ([4]) pour les terres rares Pr, Nd et Sm. La proportion de ce sulfate augmente dans le cas des polysulfures.

Les sulfures de terres rares cériques ne sont pas attaqués par les solutions aqueuses froides d'alcalis. Les acides minéraux dilués les transforment rapidement, mais un peu moins facilement dans le cas des polysulfures. Les acides purs agissent, au contraire, plus vite sur ces derniers composés. A froid, O_2H_2 donne des sulfates.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1210 et 1419.
(2) BILTZ, *Berichte*, 41, 1908, p. 3341.
(3) KLEMM, MEISEL et VOGEL, *Z. anorg. Chem.*, 190, 1930, p. 123.
(4) *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 657.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur de nouvelles ionones.*

Note de M. **MICHEL SY**, présentée par M. Marcel Delépine.

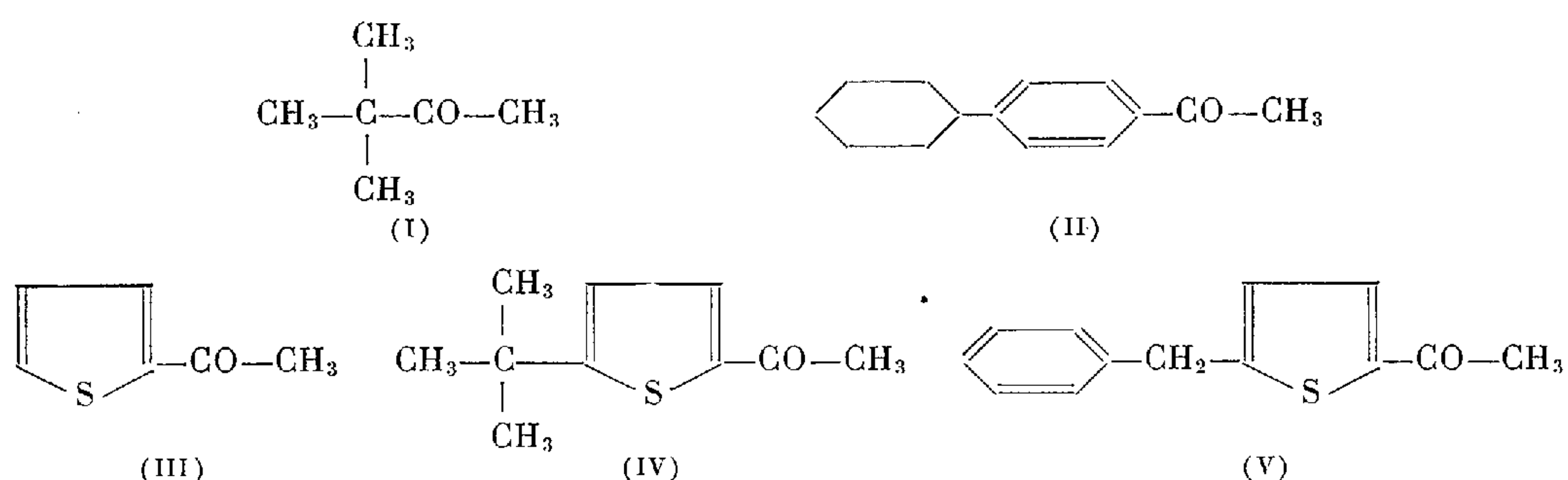
Nous nous sommes proposé de synthétiser de nouvelles ionones par condensation du citral avec diverses cétones : tertiobutylméthylcétone, acétyl-1 cyclohexyl-4 benzène, acétyl-2 thiofène, acétyl-2 tertiobutyl-5 thiofène et acétyl-2 benzyl-5 thiofène.

L'étude de la condensation citral-acétone fut réalisée pour la première fois par F. Tiemann et P. Krüger (1) en 1893 et depuis, l'emploi des ionones est extrêmement généralisé dans l'industrie de la parfumerie.

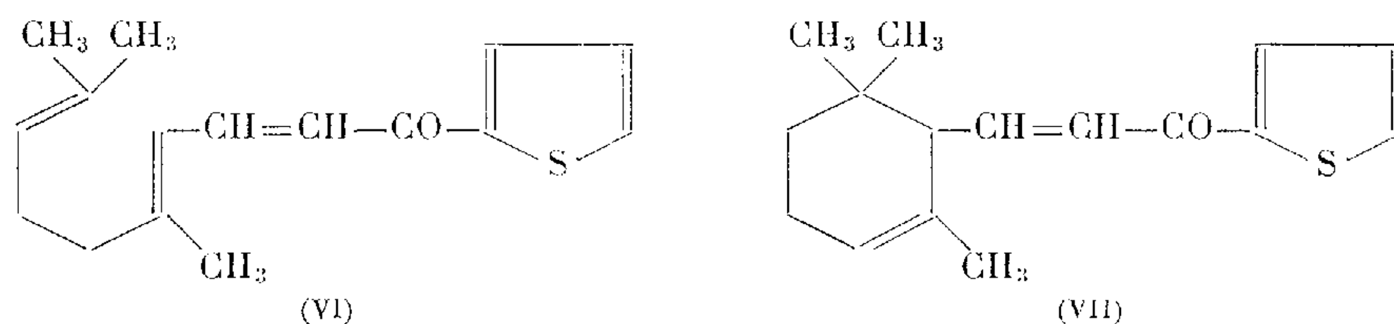
Afin de déterminer les odeurs des ionones obtenues par condensation du citral avec des cétones de poids moléculaire plus élevé, H. Hibbert et L. T. Cannon (2), en 1924, condensèrent, non plus le citral avec l'acétone, mais avec la méthyléthylcétone, la méthylpropylcétone et la méthylphénylcétone. Ces auteurs ont en outre remarqué, ainsi que Pope et Bogert (3), qu'il est nécessaire que les cétones possèdent un groupe méthyle pour que la condensation ait lieu : ainsi, il n'est pas possible de condenser la diéthylcétone ou la dipropylcétone avec le citral.

Il nous a semblé intéressant de synthétiser de nouvelles ionones possédant des radicaux tertiobutyle, cyclohexyle ou thiényle (4).

Les cétones de départ furent : la tertiobutylméthylcétone (I), le cyclohexyl-4 acétyl-1 benzène (II), l'acétyl-2 thiofène (III), l'acétyl-2 tertiobutyl-5 thiofène (IV) et l'acétyl-2 benzyl-5 thiofène (V).



Cette condensation a été opérée en milieu alcalin en présence d'une solution à 30 % de soude. Les rendements sont de l'ordre de 65 %. Pour passer de ces pseudoionones aux ionones correspondantes, nous avons effectué une cyclisation acide; le procédé à l'acide phosphorique à 85 %, nous donna les meilleurs rendements : 60 à 70 %. Ainsi la thiénylpseudoionone (VI) fournit la thiénylionone (VII).



Les ionones obtenues possèdent une odeur de violette très prononcée surtout pour la tertiobutylionone ainsi que pour la thiénylionone et la tertiobutylthiénylionone.

Nous avons également tenté de condenser le citral avec le phénacétyl-2 thiofène ou le phénylpropionyl-2 thiofène, mais les essais furent négatifs, ces cétones ne possédant pas un groupe méthyle à côté de la fonction carbonyle (résultats conformes à ceux de la littérature) ([2]), ([3]).

Les caractéristiques principales des techniques de condensation du citral avec les cétones, et de cyclisation de ces pseudoionones sont brièvement rapportées ci-après :

A. Préparation des pseudoionones. — *Tertiobutylpseudoionone.* — A 25 g de tertiobutylméthylcétone, ajouter 25 g de citral et par petites portions, 30 ml d'une solution à 30 % de soude. Tiédir au bain-marie 1 h puis laisser 48 h à la température ambiante. Verser sur de l'eau. Acidifier à CH_3COOH dilué jusqu'à pH acide. Extraire au chloroforme. Par distillation on obtient une huile jaune ambrée ($É_9$ 175-179°; Rdt 68 %). ($C_{16}H_{26}O$, calculé %, C 82,05 et H 11,11; trouvé %, C 82,02 et H 11,00).

Thiénylpseudoionone (VI). — Elle a été préparée de la même manière. Huile jaune clair. $É_{19}$ 231-234°; n_D^{19} 1,5945; Rdt 69 % ($C_{16}H_{20}OS$, calculé %, C 73,84 et H 7,69; trouvé %, C 73,72 et H 7,75).

Tertiobutylthiénylpseudoionone. — $É_{13}$ 265-269°; Rdt 67 % ($C_{20}H_{28}OS$, calculé %, C 75,94 et H 8,86; trouvé %, C 75,82 et H 8,82).

Benzylthiénylpseudoionone. — $É_{0,4}$ 237-242°; Rdt 65 % ($C_{23}H_{26}OS$, calculé %, C 78,85 et H 7,42; trouvé %, C 79,02 et H 7,46).

Cyclohexylphénylpseudoionone. — $É_{0,6}$ 235-245° ($C_{24}H_{31}O$, calculé %, C 85,97 et H 9,25; trouvé %, C 85,82 et H 9,18).

B. Préparation des ionones. — *Tertiobutylionone.* — 20 g de tertiobutylpseudoionone sont ajouté goutte à goutte à 150 g de PO_4H_3 à 85 %. Conserver

une température inférieure à 50°. Laisser 24 h à température ambiante. Verser dans 300 ml d'eau. Extraire au chloroforme. C'est une huile jaune clair d'odeur de violette. $É_0$ 157-160°; Rdt 66 % ($C_{16}H_{26}O$, calculé %, C 82,05 et H 11,11; trouvé %, C 82,12 et H 11,23).

Thiénylpseudoionone (VII). — La cyclisation s'effectue selon le même procédé. Huile jaune clair. $É_{20}$ 219-221°; Rdt 65 % ($C_{16}H_{20}OS$, calculé %, C 73,84 et H 7,69; trouvé %, C 73,86 et H 7,61).

Tertiobutylthiénylionone. — Huile jaune clair d'odeur de bois de cèdre. $É_{13}$ 254-258°; Rdt 60 % ($C_{20}H_{28}OS$, calculé %, C 75,94 et H 8,86; trouvé %, C 76,01 et H 8,89),

Benzylthiénylionone. — Huile jaune clair d'odeur moins agréable que les précédentes. $É_{0,4}$ 229-231°; Rdt 61 % ($C_{23}H_{26}OS$, calculé %, C 78,85 et H 7,42; trouvé %, C 78,81 et H 7,39).

Cyclohexylphénylpseudoionone. — $É_{0,7}$ 222-229° ($C_{24}H_{34}O$, calculé %, C 85,97, et H 9,25; trouvé % C 86,05 et H 9,38).

(1) *Ber. chem. Ges.*, 26, 1893, p. 2692.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 119.

(3) G. Pope et M. Bogert, *J. Org. Chem.*, 2, 1937, p. 276, *voir* également Y. R. Naves et P. Bachmann, *Helv. Chem. Acta.*, 26, 1943, p. 2 151 et P. Ardizio, *Riv. Ital. Ess. e Prof.*, 34, 1952, p. 605.

(4) M. Sy, *Ind. Parfumerie*, 11, 1956, p. 136 et 190, M. Sy, N. P. Buu-Hoï et N. Dat Xuong, *J. Chem. Soc.*, 1955, p. 21.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation duplicative de quelques aldéhydes α-acétyléniques.* Note de MM. **Léon Piaux** et **Marc Durand**, présentée par M. Marcel Delépine.

Comme les aldéhydes α-éthyléniques, dont la réduction duplicative, par l'hydrogène naissant, est maintenant classique, les aldéhydes α-acétyléniques conduisent, par action de l'hydrogène naissant en milieu acide, à des glycols de doublement de formule générale R—C≡C—CHOH—CHOH—C≡C—R, sans fixation d'hydrogène sur les triples liaisons.

L'hydrogénation des aldéhydes et des cétones peut conduire, lorsqu'on utilise l'hydrogène naissant en milieu acide, par fixation de deux atomes d'hydrogène sur la double liaison C = O, à l'alcool correspondant, ou bien, par fixation d'un seul atome d'hydrogène sur l'atome d'oxygène, et doublement du radical monovalent ainsi formé, à un glycol bi-secondaire (pour l'aldéhyde) ou bitertiaire (pour la cétone). La première réaction est prépondérante, dans le cas des composés saturés; elle se produit encore, pour une part, avec les composés α-éthyléniques; mais, depuis les recherches de M. G. Griner (1) sur l'acroléine, et de Charon (2) sur le crotonal, largement dévelop-

pées par J. Wiemann ([3]), on sait que la réduction duplicative est nettement prépondérante dans tous les exemples étudiés d'aldéhydes ou de cétones α-éthyléniques; de plus, la double liaison C = C échappe complètement à la réduction, et le produit obtenu est le plus souvent le mélange des deux formes stéréo-isomères d'un glycol α.α'-biéthylénique. Le mécanisme de la réaction, précisé par J. Wiemann ([4]), lui a permis d'expliquer l'obtention, dans quelques cas étudiés avec ses élèves, d'un troisième mode de réduction conduisant à des dérivés furanniques.

Or, une étude comparée, par la méthode polarographique, d'aldéhydes α-éthyléniques et α-acétyléniques, au sujet de leur aptitude à la réduction par l'hydrogène naissant, effectuée par Ch. Prévost, P. Souchay et J. Chauvelier ([5]) a montré un certain parallélisme entre les deux séries de composés.

Vers la même époque, Michel Chapron ([6]) élève de Wiemann, a tenté la réduction, par l'hydrogène naissant (magésium et acide acétique) de l'α-butynal; mais ce composé très altérable ne lui a donné que des résultats indistincts, et cette étude ne semble pas avoir été reprise depuis.

C'est ce qui nous a amené à tenter la réduction duplicative des aldéhydes α-acétyléniques en C_6, C_7 et C_8, nettement moins altérables que le butynal et dont nous disposions à la suite d'un travail de spectrographie Raman et infrarouge qui a fait l'objet d'une précédente Note ([7]).

La méthode utilisée, mise au point par Wiemann, utilise l'hydrogène naissant résultant de l'action de l'acide acétique sur le zinc à une température voisine de — 10° C. Par extraction à l'éther, séchage et distillation fractionnée sous pression réduite, on obtient, après quelques centièmes d'aldéhyde non réduit et d'alcool primaire α-acétylénique, un sirop brun que l'on soumet à la cristallisation par refroidissement très énergique. On isole finalement, avec un rendement de 40 % environ, des cristaux blancs que l'on a identifiés comme l'une des formes stéréoisomères du glycol de duplication.

Ces glycols, de formule générale R—C≡C—CHOH — CHOH—C≡C—R, ne semblent pas avoir été décrits jusqu'ici. Voici leurs points de fusion :

dodécadiyne-4.8 diol-6.7 ($C_{12}H_{18}O_2$) : 83-84°;

tétradécadiyne-5.9 diol-7.8 ($C_{14}H_{22}O_2$) : 76-77°;

hexadécadiyne-6.10 diol-8.9 ($C_{16}H_{26}O_2$) : 72-73°.

Les deux triples liaisons ont été mises en évidence par hydrogénation catalytique sur le nickel de Raney en milieu alcoolique; elles se trouvent ainsi dosées à 2 % près. On obtient avec un rendement de 80 % environ le glycol saturé. Ces glycols saturés sont des solides blancs cristallisés :

dodécanediol-6.7 ($C_{12}H_{26}O_2$) : F 135°;

tétradécanediol-7.8 ($C_{14}H_{30}O_2$) : F 130°;

hexadécanediol-8.9 ($C_{16}H_{34}O_2$) : F 127°.

Le premier a déjà été décrit par L. Bouveault et R. Locquin (8) en même temps que son stéréoisomère F 54°; le second, oxydé par le tétracétate de

plomb, nous a donné l'œnanthol attendu, caractérisé par sa semicarbazone F 108-109°.

L'examen des spectres infra rouges, effectué par M. Henry au laboratoire de M. Barchewitz, a confirmé la structure des glycols biacétyléniques :

1° la mesure quantitative des bandes d'absorption a permis de déterminer un coefficient d'absorption légèrement supérieur à deux fois celui d'un alcool aliphatique pour la vibration de valence de fréquence voisine de 3 300 cm^{-1} ;

2° on observe des bandes d'absorption correspondant aux triples liaisons, l'une vers 2 230-2 235 cm^{-1}, l'autre plus faible vers 2 294 cm^{-1}. Il n'y a aucune trace d'absorption dans la région éthylénique, ce qui confirme le dosage chimique des triples liaisons;

3° un des composés saturés, étudié parallèlement, n'a montré aucune trace d'absorption dans les régions éthylénique ou acétylénique.

Nous poursuivons cette étude, d'une part en cherchant à isoler la seconde forme du glycol, probablement présente dans le sirop résiduel, et à préciser la structure spatiale de chaque forme, d'autre part en essayant d'étendre la réaction à d'autres exemples.

(1) *Ann. Chim.*, 26, 1892, p. 369.
(2) *Ann. Chim.*, 17, 1896, p. 266.
(3) *Ann. Chim.*, 5, 1936, p. 267.
(4) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 18, 1951, p. C 137.
(5) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 18, 1951, p. 273.
(6) *Dipl. Et. Supér.*, Paris, 1951.
(7) L. Piaux, M. Durand et L. Henry, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2650.
(8) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 35, 1906, p. 644.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Permien inférieur à plantes dans le vallon de Roya, près de Saint-Étienne-de-Tinée.* Note de MM. **Paul Corsin** et **Athos Arevian**, présentée par M. Paul Fallot.

La carte géologique au 1/50 000e, feuille Saint-Étienne-de-Tinée indique dans le vallon de Roya, affluent droit de la Tinée, la présence sous les grès werféniens assez disloqués, d'un complexe noir désigné par la lettre rh. Mlle A. Faure-Muret (1) a noté les raisons qui la faisaient hésiter en l'absence de fossiles, entre le Stéphanien et le Permien.

L'un de nous (A. A.) effectuant des levers détaillés dans ce secteur a pu recueillir dans ce complexe, en deux points distants de 300 m l'un de l'autre (967,55/220,9-967,75/221,14) des plantes qui lèvent l'indétermination.

La coupe de la série aux points fossilifères montre les assises suivantes :

Conglomérat de base grossier à galets de quartz.

Schistes subardoisiers gris (ce sont ces schistes qui sont fossilifères).

Grès psammitiques avec zones conglomératiques.

Pélites rouges du Permien moyen.

Ces couches forment un anticlinal d'axe Nord 40° Ouest, pincé et déversé vers l'Ouest-Sud-Ouest.

Les empreintes recueillies, étudiées à Lille (P. C.) sont en général de petite taille; elles sont souvent réduites, soit à quelques pinnules, soit à une seule pinnule. Seuls les organes épais comme les tiges (*Calamites*, *Aulacopteris*) ou les rachis et les feuilles coriaces (Cordaites) sont de plus grande taille. On peut donc en déduire que ces débris de plantes ont flotté longtemps avant de se déposer et, conséquence d'une longue macération, ils sont en fort mauvais état de conservation. Aussi, souvent, ne sera-t-il pas possible de leur donner un nom spécifique.

Parmi ces plantes fossiles nous avons pu déterminer les genres et les espèces qui suivent :

Callipteris conferta Sternberg, représenté par une grande pinnule dont la courbure du bord inférieur, très décurrent, et la nervation sont tout à fait caractéristiques; *Callipteris* cf. *conferta* (2 échantillons); *Callipteris* cf. *naumanni* Gutbier, à pinnules découpées en lobes arrondis et à nervation peu serrée (2 échantillons); *Neuropteris planchardi* Zeiller, deux pinnules isolées, relativement de grande taille, à nervures latérales très incurvées arrivant perpendiculairement sur les bords libres du limbe et très denses; *Odontopteris* cf. *obtusa* Brongniart, reconnaissable aux contours de ses pinnules mais où la nervation n'est pas visible (2 échantillons); *Pecopteris*, forme cyathéoïde (3 échantillons) qu'il faut vraisemblablement rapporter à *P. cyathea* Brongniart; *Asterotheca* sp. fructification (sporanges) de Pécoptéridées; *Pecopteris* sp. (2 échantillons); *Calamites* sp. à côtes rectilignes relativement étroites mais dont on ne voit pas très bien les nœuds (4 échantillons); *Annularia* (*Lobannularia*) cf. *mucronata* Schenk, représenté par un verticille de feuilles; *Asterophyllites equisetiformis* Schlotheim, feuillage de *Calamites* du type *C. cisti* (2 échantillons); *Asterophyllites* sp. (2 échantillons); *Cordaites* sp. (5 échantillons); *Aulacopteris* sp. (tiges de Ptéridospermées) figuré par de nombreux spécimens. Ces empreintes sont fréquemment accompagnées de rachis divers, très fragmentaires, et même parfois de végétaux hachés (bouillie végétale).

La liste ci-dessus comporte un certain nombre de formes banales, sans grande signification stratigraphique, comme par exemple *Calamites*, *Annularia*, *Asterophyllites* et *Aulacopteris*. Elle renferme aussi des plantes qui génériquement ont une grande extension verticale et qui, ne pouvant être déterminées spécifiquement, perdent leur signification précise (par exemple *Cordaites* et *Pecopteris* sp.). Toutes ces premières empreintes s'étagent du Namurien au Permien. Elle en contient d'autres ayant une répartition

stratigraphique plus restreinte comme *Pecopteris cyathea* qui s'étend du Westphalien D au Permien, *Odontopteris obtusa* et *Neuropteris planchardi* qui vont du Stéphanien C au Permien inférieur. Enfin elle comprend le genre *Callipteris*, avec deux espèces *C. conferta* et *C.* cf. *naumanni*, qui permet de rapporter les couches renfermant la florule fossile de Roya au Permien inférieur. En effet, le *Callipteris conferta* était regardé, jusqu'à ces derniers temps, comme caractéristique de l'Autunien (Permien inférieur). Depuis la création du Stéphanien D ([2]) qui groupe l'étage ambigu autuno-stéphanien et l'Autunien inférieur, *C. conferta* débute dans le Stéphanien supérieur (= D) et persiste dans l'Autunien moyen et supérieur maintenant (Permien inférieur). Par contre la présence de *C.* cf. *naummani*, aux pinnules découpées, qui n'a encore jamais été trouvé dans l'Autunien inférieur, mais qui apparaît juste au-dessus, caractérise bien le Permien inférieur tel qu'il a été défini récemment. Comme on rencontre encore de nombreuses reliques du Stéphanien dans les schistes de Roya, ces couches appartiendraient à la base du Permien inférieur.

Conclusion. — La présence de *Callipteris conferta* et de *C.* cf. *naumanni* associés à *Pecopteris* cf. *cyathea*, *Odontopteris obtusa* et *Neuropteris planchardi*, dans les schistes de Roya, permet de les rapporter à la partie tout à fait inférieure du Permien inférieur (emend J. Doubinger).

C'est la première fois que dans cette partie des Alpes françaises le Permien inférieur peut être daté. Il montre la persistance du faciès qui, plus au Sud, caractérise le Stéphanien inférieur-moyen, faciès auquel s'opposent ceux des séries colorées du reste du Permien.

([1]) *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 1955; *Carte géologique au* 1/50 000e, *Feuille Saint-Étienne-de-Tinée.*

([2]) J. Doubinger, *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouv. série, 35, (Mém. n° 75), 1956, p. 159-162.

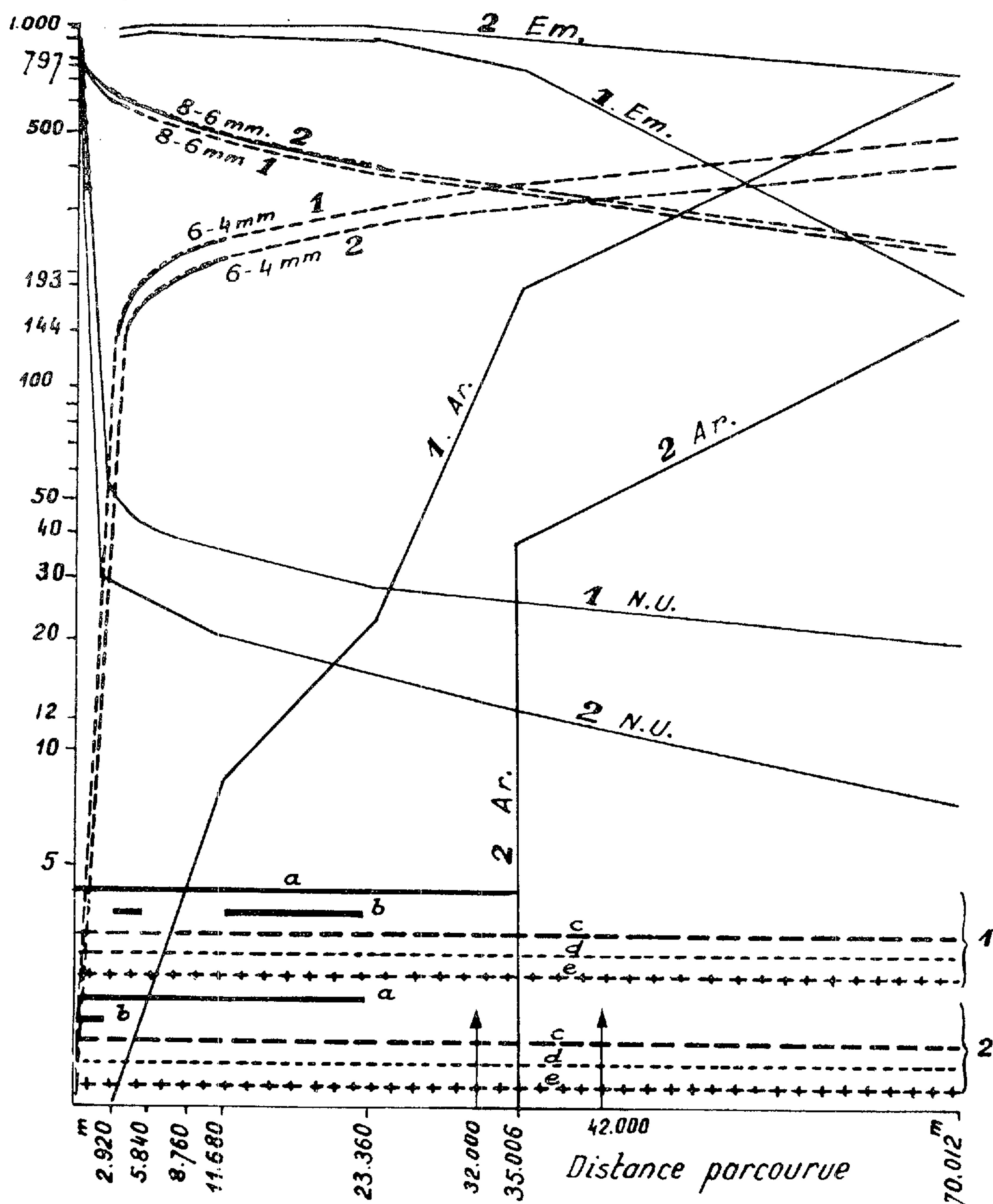
SÉDIMENTOLOGIE. — *Recherches expérimentales sur le mode d'usure des graviers.* Note de MM. **Léopold Berthois** et **Jean Portier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Exposé des recherches expérimentales sur le façonnement de graviers de quartzite anguleux de 6-4 mm transportés dans l'eau avec ou sans le matériel provenant de leur usure.

Les recherches exposées ici sont la suite de celles entreprises en 1954 ([1]).

Le cylindre en béton utilisé pour les expériences est du même type que celui décrit en 1954, avec un diamètre de 146 mm et une longueur de 300 mm Sa vitesse de rotation est de 35 006 m en 24 h.

Une des joues du cylindre est en verre transparent, ce qui nous a permis



1. Expérience n° 1 : 2. Expérience n° 2. N. U., non usé; *Em*, émoussé; *Ar*, arrondi.

Bas du graphique : Mode d'usure :

a. Éclatement en deux morceaux quasi identiques; *b*. Arrachement de petites écailles : émoussement; *c*. Usure par frottement (polissage); *d*. Broyage donnant un produit fin; *e*. Brisures superficielles. Traits discontinus : granulométrie des deux principales dimensions.

de constater que, dans notre cylindre, le mouvement des grains est différent de celui figuré par Kuenen [2] et que ses critiques ne sont pas justifiées ici.

Dans ce cylindre, nous avons introduit : 200 g de quartzite silurien en grains concassés, calibrés par tamisage à 8-6 mm et 1000 cm^3 d'eau distillée.

Après chaque expérience, le cylindre a été vidé, nettoyé, les graviers lavés, séchés à l'étuve, tamisés, pesés, examinés à la loupe binoculaire et photographiés.

Nous avons réalisé deux séries d'expériences différentes :

Expérience n° 1. — Tous les essais successifs n'ont porté que sur la gamme dimensionnelle initiale. Les grains recueillis après chaque essai sur les cribles de diamètres inférieurs ont été exclus et l'eau renouvelée.

Expérience n° 2. — Après chaque essai, tout le résidu a été remis dans le cylindre quelle que soit sa granulométrie, et la quantité d'eau a été complétée à 1000 cm^3.

Les principaux résultats ont été groupés dans le graphique.

Ces résultats montrent que :

1° L'usure est intense dans les premiers kilomètres du parcours. Elle décroît très rapidement ensuite;

2° L'augmentation du volume de l'eau introduite diminue l'intensité de l'usure;

3° Dans l'expérience n° 2, faite en présence de la fraction limoneuse, l'usure diminue d'intensité, l'émoussement des grains est légèrement plus rapide, mais leur arrondissement est nettement plus lent et ne débute qu'après un parcours de 35 km. Ceci est en accord avec la présence de graviers anguleux dans les coulées de solifluction où la matrice limoneuse est importante;

4° Dans un ensemble de grains dont la granulométrie est hétérogène, le déplacement des gros grains accélère l'usure des petits et des moyens;

5° Les courbes granulométriques (trait discontinu) des dimensions 8-6 et 6-4 mm sont quasi symétriques par rapport à un axe horizontal. Elles se coupent à 32 km de parcours (expérience n° 1) et à 42 km (expérience n° 2), ce qui confirme que l'usure est moins rapide en présence d'une fraction fine dans l'eau;

6° Les courbes de pertes cumulées sont très voisines des courbes représentant les équations suivantes :

$$\text{Expérience 1 :} \quad y = \sqrt{\frac{35}{4}x};$$

$$\text{Expérience 2 :} \quad y = 20\sqrt{\frac{x}{35}}.$$

dans lesquelles x est la distance parcourue.

(1) L. BERTHOIS, MARIA DO SOCORRO FLORENTINO et RUTH GEBRIM, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 70. Dans cet exposé les distances en mètres indiquées dans la colonne C, sont à multiplier par 10.

(2) *J. Geology*, 64, n° 4, 1956, p. 336-338.

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la pénétration du rayonnement ultraviolet dans les eaux méditerranéennes*. Note (*) de Mlle **JACQUELINE LENOBLE**, présentée par M. Jean Cabannes.

Des mesures de la pénétration du rayonnement ultraviolet dans la mer le long de la côte Ouest de la Corse ont donné des valeurs du coefficient d'extinction à la verticale du même ordre que sur la côte française à Monaco, mais des rapports bas-haut et horizontal-haut nettement plus faibles; à mi-chemin des deux côtes, les eaux du large présentent une extinction un peu plus forte.

L'appareil décrit précédemment (1) pour l'étude de la pénétration du rayonnement ultraviolet naturel dans la mer a été utilisé en septembre 1956, en Méditerranée, par temps clair et mer calme : huit mesures ont été faites sur la côte Ouest de la Corse, entre Ajaccio et l'Ile-Rousse, une mesure en pleine mer sensiblement à mi-chemin de la côte corse et de la côte française et une mesure sur la côte française près de Monaco; cette dernière mesure a donné des valeurs en parfait accord avec les valeurs des années précédentes (2), (3).

Nous rappellerons que l'appareil utilise le principe de la spectrophotométrie photographique et que les mesures portent sur la luminance dans un angle faible du rayonnement se propageant verticalement de haut en bas V, verticalement de bas en haut B et horizontalement H. Comme dans les mesures antérieures et comme le prévoit la théorie, nous trouvons que, après quelques perturbations dans les premiers mètres, et pour les trois directions étudiées, la luminance décroît sensiblement en fonction exponentielle de la profondeur avec le même coefficient d'extinction c. Le tableau I donne les valeurs de ce coefficient décimal d'extinction c en m^{-1} pour nos diverses mesures portant sur le rayonnement à la verticale de haut en bas V; on a indiqué la moyenne des mesures de Corse et à titre de comparaison la moyenne de nos mesures 1955 à Monaco. Le tableau II donne les valeurs de log H/V et log B/V, ainsi que la moyenne des valeurs de Corse et la moyenne des valeurs 1955 de Monaco.

Les eaux corses, qui sont légèrement plus transparentes dans le bleu que les eaux de la côte française (4), semblent avoir pour le rayonnement ultraviolet une extinction du même ordre, l'écart entre nos deux moyennes de Corse et de Monaco étant nettement inférieur à la dispersion des mesures; par contre les eaux mesurées au large, qui d'après les études hydrologiques seraient nettement différentes de l'eau côtière qui borde la France et la

TABLEAU I.

λ (Å)	4 130.	4 040.	3 905.	3 780.	3 685.	3 600.	3 540.	3 440.	3 350.	3 305.	3 260.	3 215.	3 185.
					Corse.								
11 sept. Ilôt Palazzo	–	–	–	–	–	–	–	–	0,101	0,122	0,104		–
11 » Girolata	–	0,021	0,037	0,045	0,055	0,070	0,060	0,068	0,072	0,087	0,088	–	–
12 » Baie d'Albo	0,036	0,033	0,032	0,039	0,048	0,055	0,062	0,073	0,084	0,115	0,099	0,105	0,107
13 » Baie d'Albo	0,033	0,039	0,054	0,070	0,068	0,072	0,064	0,080	0,092	0,101	0,107	0,124	0,158
13 » Baie d'Albo	–	–	0,044	0,051	0,062	0,075	0,074	0,093	0,093	0,108	0,117		–
14 » Ajaccio	0,044	0,052	0,059	0,077	0,075	0,082	0,082	0,097	0,107	0,117	0,128	0,170	–
14 » Ajaccio	0,032	0,037	0,045	0,054	0,063	0,077	0,078	–	–	–	–	–	–
16 » Calvi	–	0,034	0,029	0,055	0,051	0,063	0,058	0,052	0,072	0,084	0,083	0,106	0,109
Moyenne 1956	0,036	0,036	0,043	0,056	0,060	0,071	0,068	0,077	0,089	0,105	0,104	0,126	0,125
					Eaux du large.								
17 sept. 43° N 8° E	0,055	0,054	0,061	0,067	0,082	0,090	0,094	0,119	0,131	0,143	0,137	0,137	0,150
					Monaco.								
6 sept.	0,032	0,035	0,043	0,054	0,059	0,066	0,070	0,081	0,091	0,099	0,103	0,107	0,111
Moyenne 1955	0,027	0,031	0,037	0,044	0,049	0,057	0,061	0,071	0,079	0,087	0,090	0,100	0,098

TABLEAU II.

λ (Å)	4 130.	4 040.	3 905.	3 780.	3 685.	3 600.	3 540.	3 440.	3 350.	3 305.	3 260.	3 215.
					Corse.							
H/V 11 sept. Girolata	$\bar{2}$,73	$\bar{2}$,73	$\bar{2}$,48	$\bar{2}$,40	$\bar{2}$,33	$\bar{2}$,21	$\bar{2}$,26	$\bar{3}$,89	–	–	–	–
» 12 » Baie d'Albo	$\bar{1}$,07	$\bar{1}$,07	$\bar{1}$,00	$\bar{2}$,83	$\bar{2}$,83	$\bar{2}$,76	$\bar{2}$,64	$\bar{2}$,37	$\bar{2}$,33	$\bar{2}$,27	$\bar{2}$,08	$\bar{2}$,08
» 13 » Baie d'Albo	$\bar{2}$,60	$\bar{2}$,75	$\bar{2}$,68	$\bar{2}$,58	$\bar{2}$,58	$\bar{2}$,53	$\bar{2}$,49	$\bar{2}$,59	–	–	–	–
» 14 » Ajaccio	$\bar{2}$,95	$\bar{2}$,79	$\bar{2}$,85	$\bar{2}$,68	$\bar{2}$,69	$\bar{2}$,54	$\bar{2}$,52	$\bar{2}$,43	$\bar{2}$,28	$\bar{2}$,16	$\bar{2}$,44	–
» 16 » Calvi	–	$\bar{2}$,43	$\bar{2}$,15	$\bar{2}$,37	$\bar{2}$,04	$\bar{2}$,00	$\bar{3}$,77	$\bar{3}$,31	$\bar{3}$,64	$\bar{3}$,45	$\bar{3}$,38	–
Moyenne 1956	$\bar{2}$,84	$\bar{2}$,76	$\bar{2}$,63	$\bar{2}$,57	$\bar{2}$,49	$\bar{2}$,41	$\bar{2}$,34	$\bar{2}$,12	$\bar{2}$,08	$\bar{3}$,96	$\bar{3}$,97	$\bar{2}$,08
					Eaux du large.							
17 sept. 43° N 8° E	$\bar{2}$,84	$\bar{2}$,87	$\bar{2}$,73	$\bar{2}$,67	$\bar{2}$,59	$\bar{2}$,50	$\bar{2}$,44	$\bar{2}$,18	$\bar{3}$,88	–	–	
					Monaco.							
6 sept.	–	$\bar{1}$,44	$\bar{1}$,31	$\bar{1}$,02	$\bar{1}$,05	$\bar{2}$,89	$\bar{2}$,83	$\bar{2}$,48	$\bar{2}$,41	$\bar{2}$,41	$\bar{2}$,17	$\bar{2}$,15
Moyenne 1955	$\bar{1}$,25	$\bar{1}$,20	$\bar{1}$,19	$\bar{1}$,01	$\bar{2}$,96	$\bar{2}$,90	$\bar{2}$,87	$\bar{2}$,69	$\bar{2}$,58	$\bar{2}$,52	$\bar{2}$,43	–
					Corse.							
B/V 11 sept. Girolata	$\bar{2}$,19	$\bar{2}$,19	$\bar{2}$,10	$\bar{3}$,94	$\bar{3}$,84	$\bar{3}$,74	$\bar{3}$,84	–	–	–		–
» 12 » Baie d'Albo	$\bar{2}$,37	$\bar{2}$,27	$\bar{2}$,17	$\bar{2}$,06	$\bar{2}$,02	$\bar{3}$,95	$\bar{3}$,92	$\bar{3}$,70	$\bar{3}$,72	$\bar{3}$,56	–	–
» 13 » Baie d'Albo	$\bar{3}$,98	$\bar{3}$,93	$\bar{3}$,90	$\bar{3}$,74	$\bar{3}$,72	$\bar{3}$,64	$\bar{3}$,70	$\bar{3}$,66	–	–	–	–
» 14 Ajaccio	$\bar{3}$,88	$\bar{3}$,80	$\bar{3}$,79	$\bar{3}$,84	$\bar{3}$,69	$\bar{3}$,39	$\bar{3}$,60	$\bar{3}$,37	$\bar{3}$,50	–	–	–
» 16 Calvi	–	$\bar{2}$,12	$\bar{3}$,94	$\bar{2}$,17	$\bar{3}$,91	$\bar{3}$,87	$\bar{3}$,64	$\bar{3}$,29	$\bar{3}$,50	$\bar{3}$,38	$\bar{3}$,26	–
Moyenne 1956	$\bar{2}$,11	$\bar{2}$,06	$\bar{3}$,98	$\bar{3}$,95	$\bar{3}$,84	$\bar{3}$,72	$\bar{3}$,74	$\bar{3}$,51	$\bar{3}$,58	$\bar{3}$,47	$\bar{3}$,26	–
					Eaux du large.							
17 sept. 43° N 8° E	$\bar{3}$,89	$\bar{3}$,94	$\bar{3}$,82	$\bar{3}$,65	$\bar{3}$,67	$\bar{3}$,57	$\bar{3}$,54	$\bar{3}$,50	$\bar{3}$,40	$\bar{3}$,60	$\bar{3}$,28	–
					Monaco.							
6 sept.	$\bar{2}$,55	$\bar{2}$,48	$\bar{2}$,38	$\bar{2}$,24	$\bar{2}$,23	$\bar{2}$,11	$\bar{3}$,98	$\bar{3}$,84	$\bar{3}$,88	$\bar{3}$,70	–	–

Corse (5), semblent avoir une extinction un peu plus forte dans l'ultraviolet. Les rapports H/V et B/V, très variables suivant les jours, sont en moyenne plus grands sur la côte française, ce qui correspond à une diffusion plus importante par rapport à l'absorption propre et peut s'expliquer par l'augmentation d'impuretés qu'apportent les activités humaines.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) J. Lenoble, *Ann. Géophys.*, 12, 1956, p. 16-31.

(2) J. Lenoble, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1821.

(3) J. Lenoble, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1407.

(4) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1543.

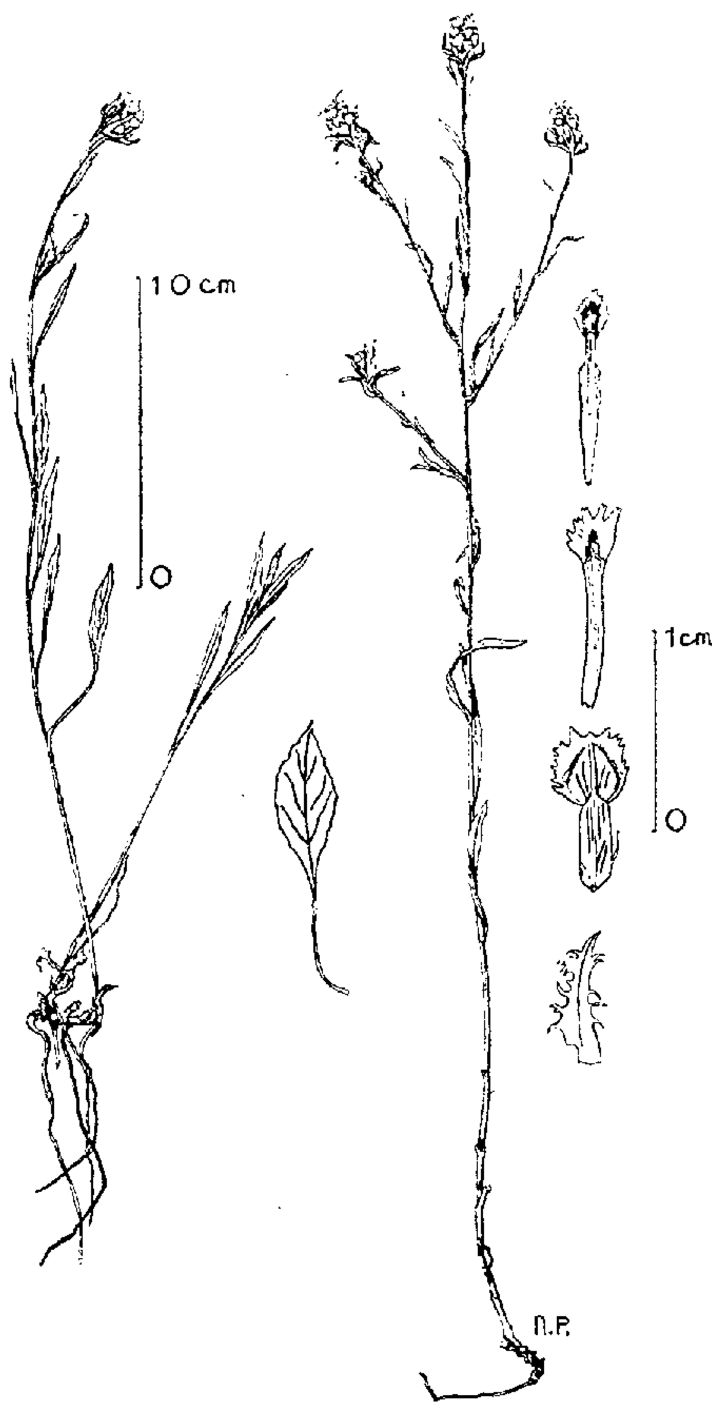
(5) P. Tchernia et H. Lacombe, *Bull. du C. C. É. C.* (à paraître, 1957).

BOTANIQUE. — *Sur une forme diploïde remarquable de* Centaurea Jacea *L.* Note de M. **Marcel Guinochet**, présentée par M. Roger Heim.

Il y a de nombreuses années déjà, mon attention avait été attirée par une population de *Centaurea Jacea* L. ssp. *angustifolia* Greml. installée dans des pelouses à *Brachypodium phœnicoides* R. et S., à Antibes (Alpes-Maritimes), le long de la route de Grasse, à 200 m au Nord de l'Église de la Croix-Rouge. Les dimensions réduites de l'appareil végétatif et des capitules de ces plantes pouvaient tout d'abord donner à penser à des modifications stationnelles dues aux conditions d'extrême sécheresse de la station. Mais, outre que ces caractères se sont intégralement maintenus au cours de plusieurs années de culture dans des conditions variées, l'étude caryologique a montré qu'il s'agit d'une forme à $2n = 22$ chromosomes, alors que toutes les autres numérations effectuées à ce jour chez *Centaurea Jacea* L. ont donné $2n = 44$ selon B. Roy (1) et mes observations personnelles suivantes : *C. Jacea* L. ssp. *angustifolia* Greml. var. *angustifolia* Reich. (Burzet, Ardèche; Arandon, Isère), var. *bracteata* (Scop.) Briq. et Cav. (Pas-de-l'Escalette, Hérault); *C. Jacea* L. ssp. *Jacea* Greml. var. *canescens* De Not. (Antibes, Alpes-Maritimes), var. *genuina* Wimm. et Gräb. (Longemaison, Doubs; Caussols, Alpes-Maritimes; Col de Bleyne, Alpes-Maritimes; Touet-sur-Var, Alpes-Maritimes); *C. Jacea* L. ssp. *Ropalon* (Pomel) Maire (La Rassauta, Alger).

De tous les échantillons auxquels j'ai comparé cette forme diploïde pour laquelle je propose le nom de *C. Jacea* L. ssp. *angustifolia* Greml. var. *diploidea* nov. var., c'est au *C. pannonica* (Heuff.) Hayek, d'Europe centrale (d'ailleurs considéré par divers auteurs comme une variété du *C. Jacea* L. ssp. *angustifolia* Greml.), notamment au n° 3 419 du *Flora exsicc. austro-hungarica*, qu'elle ressemble le plus. Mais elle a des calathides franchement plus petites et dont les appendices des écailles invo-

lucrales sont nettement plus clairs. En outre, *C. pannonica* (Heuff.) Hayek est à $2n = 44$ chromosomes, ainsi que j'ai pu l'établir à l'aide d'akènes provenant du Jardin botanique de Cluj.



La découverte de cette forme est particulièrement intéressante, car elle est de nature à contribuer à l'éclaircissement du problème des relations entre les *C. Jacea* L. et *C. nigra* L. que J. Briquet, contrairement aux autres spécialistes du genre, réunit en une vaste espèce collective, en se fondant, notamment, sur les caractères intermédiaires du *C. pratensis* Thuill. dont il n'admet pas l'origine hybride ancienne suggérée par A. V. Hayek. Or, comme l'on sait, *C. nigra* L. a une aire beaucoup plus occidentale que *C. Jacea* L.. D'autre part, *C. nigra* L. comporte, à côté de formes à $2n = 44$ (B. Roy, *loc. cit.*), des formes à $2n = 22$, d'après mes observations personnelles inédites suivantes : *C. nigra* L. ssp. *Gueryii* Maire (Ifrane, Maroc) et *C. nigra* L. ssp. *nemoralis* (Jord.) Gugl. (Anthon, Isère; Mont-Pilat, Loire). Étant donnés ces faits, on pourrait bien envisager de maintenir la séparation des deux groupes, celui du *C. Jacea* L.

dont le berceau serait à rechercher du côté de l'Asie Mineure, si l'on y trouvait de nouvelles formes à $2n = 22$, et celui du *C. nigra* L., de souche occidentale, vraisemblablement ibéro-mauritanienne. Le large chevauchement, en Europe occidentale, des aires de ces deux sippes, qui d'ailleurs se croisent facilement [2], expliquerait les formes de transitions décrites, bien que les origines des *C. pratensis* Thuill. à $2n = 22$ (B. Roy, *loc. cit.*) et *C. dubia* Suter à $2n = 44$ (observation inédite sur échantillons de Saint-Sauveur, Alpes-Maritimes) notamment, ne puissent être définitivement éclaircies pour le moment.

(1) *J. Genetics*, 35, 1, 1937, p. 89-93 et in E. M. MARSDEN-JONES et W. B. TURRILL, *British Knapweeds, Ray Soc.*, Londres, n° 138, 1954, 201 pages.
(2) Notamment d'après E. M. MARSDEN-JONES et W. B. TURRILL, *loc. cit.*

ALGOLOGIE. — *Sur le chimisme glucidique des Némalionales.* Note de M. **JEAN AUGIER** et Mlle **MARIE-LOUISE DU MÉRAC**, présentée par M. Roger Heim.

Trois Némalionales : *Liagora canariensis*, *Nemalion multifidum*, *Scinaia turgida* font l'objet d'une étude biochimique portant principalement sur le contingent glucidique soluble, c'est-à-dire le floridoside, et sur les mucilages, qui se révèlent formés surtout de mannoxylanes.

Si l'on écarte les Bonnemaisoniales, les algues groupées sans conteste dans l'ordre des Némalionales se répartissent en six familles, qui toutes ont fait l'objet d'investigations relatives au chimisme glucidique. Celles-ci ont porté, à notre connaissance, sur huit genres différents. La présente Note se propose de compléter les données acquises par l'étude d'un autre genre, *Liagora* (Helminthocladiacées), le comparant à *Nemalion*, type de la même famille. Il a déjà été question de ce dernier dans une Note ancienne [1], à laquelle on apporte ici complément et rectification. On a d'autre part poursuivi l'examen de *Scinaia* (Chaetangiacées), déjà connu quant aux sucres solubles [2].

Liagora canariensis Boergesen a été récolté fin septembre à Puerto de la Cruz (Tenerife). L'extrait alcoolique renferme un glucide qui cristallise hydraté en prismes fondant à 90° sur le bloc et dont la solution dextrogyre ($[\alpha]_D + 150$) est tributaire de l'autolysat de levure basse en libérant du galactose (F 168°). Il s'agit du floridoside, présent dans la plante à raison de 0,52 % du sec.

Un autre principe dextrogyre insensible à la galactosidase l'accompagne en très faible quantité; il est différent du mannoglycérate de sodium, car on n'obtient pas, en l'hydrolysant, autre chose qu'un peu de galactose.

Après épuisement alcoolique, les thalles abandonnent dans l'eau froide déjà, et surtout à l'ébullition, un mucilage qui se gélifie à froid lorsque la concentration dépasse 4,2 % et brûle en laissant 37 % de cendres. Un séjour de 3 h dans

l'eau bouillante renouvelée ne suffit pas à désagréger la masse mucilagineuse des thalles, imprégnée fortement de calcaire; il faut les décalcifier par l'acide chlorhydrique étendu et froid pour parvenir à extraire par l'eau chaude une nouvelle quantité de mucilage; on recourt enfin à la potasse bouillante, à 1 %. Toutes ces fractions sont dextrogyres et livrent à l'hydrolyse un mélange de sucres où l'on reconnaît facilement les plus abondants par les dérivés hydraziniques et la chromatographie sur papier : ce sont le mannose et le xylose. Le premier prédomine dans les premières fractions, le second dans la dernière. L'étude détaillée des divers extraits montre que plusieurs substances, surtout une mannane et une xylane, ont été progressivement et inégalement extraites des membranes.

Une coupe pratiquée dans un thalle décalcifié, imprégnée de Lugol, puis montée dans de l'acide sulfurique à 75 % donne la réaction classique de la cellulose. Les membranes épaisses des filaments axiaux deviennent d'un beau bleu violacé, celles des larges cellules périphériques bleu grisâtre. Il est d'ailleurs aisé de reconnaître macrochimiquement la cellulose comme glucosane, pourvu que les mucilages et le glycogène (qui existe en petite quantité) aient été éliminés par traitement à l'acide dilué. On triture la poudre d'algues dans l'acide sulfurique pur; le mélange étendu d'eau livre à l'autoclave le glucose seul.

Nemalion multifidum (Web et Mohr) J. Ag. est une algue très visqueuse, dépourvue de l'incrustation calcaire qui caractérise *Liagora*. Le floridoside décelé jadis a été maintenant obtenu à l'état cristallisé. On l'extrait commodément de l'algue, d'abord desséchée, au moyen de l'alcool à 90°, mais il reste finalement accompagné de substances organiques encore indéterminées, qui en rendent difficile la purification, et qu'on écarte par adsorption différentielle sur charbon activé. En été, la quantité de sucre, évaluée en floridoside, varie selon les années entre 0,8 et 1,5 % de la substance sèche.

L'alcool à 85° dissout une faible quantité de mucilage, à base de mannose et d'un peu de galactose; à 80° le même solvant s'avère beaucoup plus efficace : le mucilage alors extrait est à base de mannose encore et d'un peu de xylose, il est bien caractéristique de *Nemalion*. Le mannoglycérate n'a pu être décelé.

Une grande quantité de mucilage peut être ensuite solubilisée dans l'alcool à 40°. Cette substance, qui se gélifie dans l'eau à la concentration de 2,9 %, contient 3,6 % de SO_4^{--}, 1 % de Ca^{++}, et 19,5 % de cendres, a été caractérisée anciennement comme mannane et pentosane (*loc. cit.*). L'analyse chromatographique montre que le pentose qui accompagne le mannose est principalement le xylose et non pas l'arabinose, comme il avait été avancé.

La cellulose a été mise en évidence, comme plus haut, par voie micro- et macrochimique, mais la particulière abondance des mucilages rend en ce cas les opérations laborieuses.

Scinaia turgida (J. Ag.) Chemin ne contient, on le sait ([2]) comme sucre à

petite molécule, que du floridoside. L'eau bouillante parvient à solubiliser un mucilage dextrogyre qui gélifie environ 23 fois son poids d'eau (cendres, 44 %). L'hydrolysat, dont le pouvoir rotatoire s'abaisse finalement à + 23, contient encore du mannose et du xylose abondants, et une faible quantité de galactose. La potasse étendue entraîne une substance analogue à la précédente, mais pauvre en mannose et au contraire très riche en xylose.

Le glycogène, abondant surtout dans les cellules sphériques de la région corticale moyenne, peut être facilement extrait après broyage avec du sable et caractérisé comme glucosane tributaire de la pancréatine.

La présence de cellulose dans les membranes a été confirmée comme ci-dessus.

Ainsi le mannose, qui paraît absent dans les Némalionales sous forme de mannoglycérate, s'y trouve fréquemment à l'état de mannanes, aussi bien dans les formes calcifiées que dans les espèces molles et plus ou moins visqueuses. Les Helminthocladiacées et les Chætangiacées possèdent, ainsi que *Thorea* ([3]) des mannoxylanes contenant une petite quantité de galactose et d'autres sucres indéterminés. Les mucilages de *Lemanea* ([4]) en diffèrent par une plus grande richesse en galactose. On aperçoit donc une transition vers les galactoxylanes exemptes de mannose, ou peu s'en faut, rencontrées chez certaines Némalionales comme *Batrachospermum* ([4]) et habituelles dans les autres ordres de Floridées. *Rhodochorton floridulum*, qui semble dépourvu de mannose ([5]), est riche en xylose et pauvre en galactose; la composition de ses membranes, à xylose dominant, correspond à un type beaucoup plus rare chez les Rhodophytes.

([1]) J. AUGIER, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1654.
([2]) J. AUGIER et M. L. DU MÉRAC, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 387.
([3]) J. AUGIER, *Thèse*, Paris, 1934.
([4]) J. AUGIER, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1069.
([5]) ALAN G. ROSS, *J. Sc. of Food and Agric.*, 7, 1953, p. 333.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence exceptionnelle de rhizoïdes bifurqués sur des prothalles de* Blechnum gibbum *Mett., au premier stade de leur développement.* Note de Mme LILY ROHLFS, présentée par M. Louis Blaringhem.

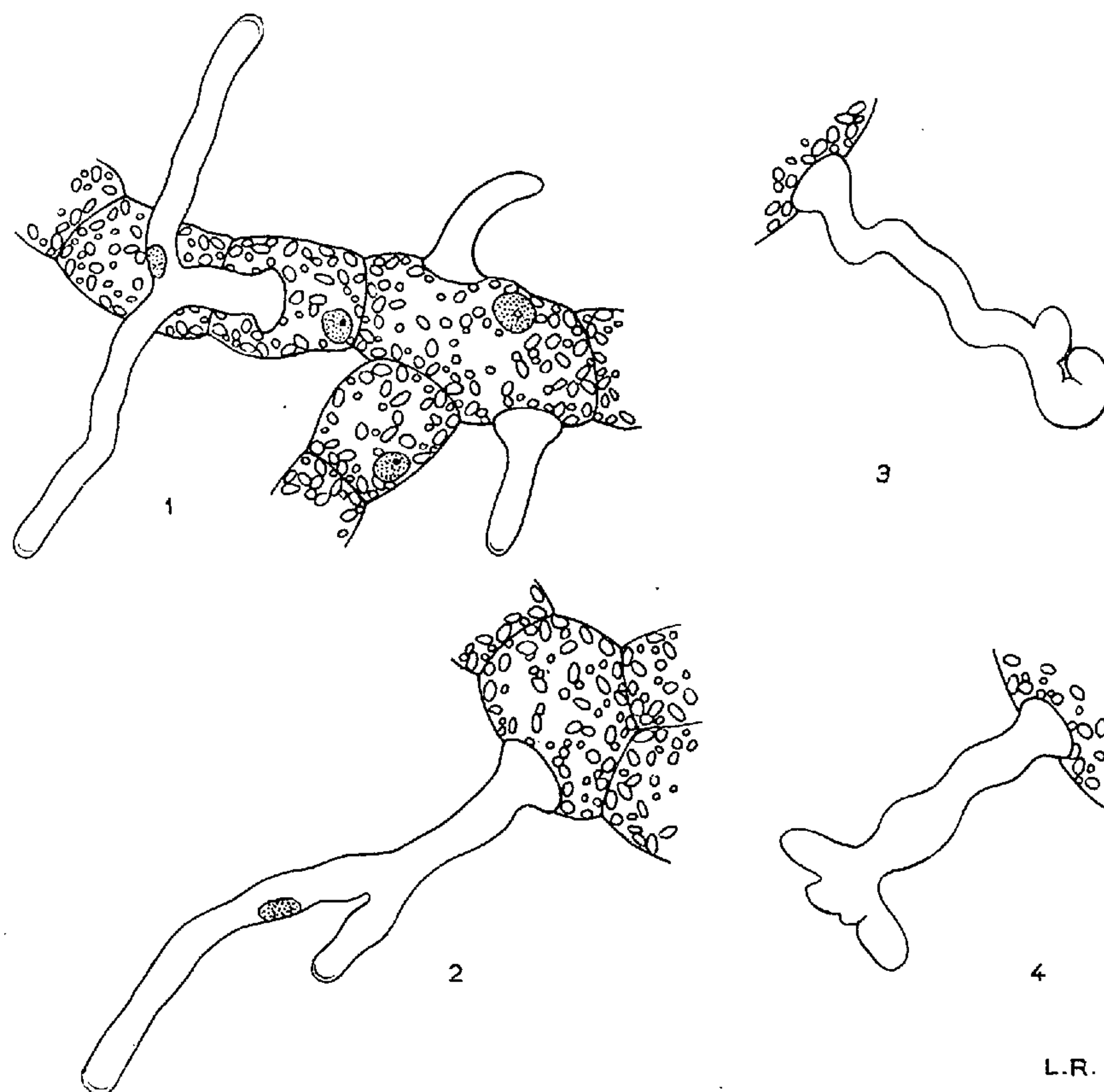
Au cours de nos recherches sur le développement des prothalles de différentes Filicinées, nous observons, chez un *Blechnum gibbum* Mett., la formation exceptionnelle de rhizoïdes bifurqués, plus ou moins symétriquement, à une certaine distance de leur point d'attache à la cellule prothallienne.

Des essais de germination de spores de *Blechnum gibbum* Mett. nous ont permis d'observer la présence exceptionnelle de quelques rares rhizoïdes bifurqués sur de jeunes prothalles encore filamenteux. Jusqu'à présent,

nous n'avions jamais rencontré cette anomalie sur les nombreux prothalles des autres genres de Filicinées mis, en parallèle, en germination.

Les sporanges de ce *Blechnum*, élevé en serre, nous ont été envoyés, en 1955, par le Jardin Botanique de l'Université de Varsovie. Les cultures ont été faites au Laboratoire de Recherches de Botanique de la Sorbonne, dans les conditions indiquées précédemment, en tant que substratum et milieu liquide (1), mais, cette fois, elles ont été constamment soumises à la lumière électrique d'une ampoule de 5 W qui, dans une étuve, a maintenu la température à une moyenne de 22°.

La figure 1 représente un rhizoïde bifurqué appartenant à un prothalle âgé de 76 jours, formant un filament long de 14 cellules contenant toutes de nombreux leucytes bien verts. Ce rhizoïde est divisé en deux



Rhizoïdes zygomorphes de *Blechnum gibbum* Mettenius.

à une très courte distance de son point d'attache; il se compose d'un pied ayant un diamètre égal aux deux tiers de celui de sa base évasée en entonnoir, comme c'est le cas pour les rhizoïdes de la majorité des Filicinées et d'une fourche formée de deux branches de longueurs presque égales,

de directions diamétralement opposées, en ligne droite perpendiculaire au pied. Le diamètre moyen de chacune de ces branches est d'environ les deux tiers de celui du pied et le quart de celui de la cellule prothallienne qui le porte. Un noyau, bien visible et accolé à la paroi, se trouve placé au départ de la branche supérieure. Sur ce même prothalle, nous comptons 9 rhizoïdes filiformes, d'inégales longueurs oscillant entre une et huit fois le diamètre moyen du filament prothallien.

Nous avons représenté (*fig.* 2) le second rhizoïde bifurqué observé sur un autre prothalle de *Blechnum gibbum* Mett. prélevé dans la même culture. Il est très différent du premier, quant à la disposition des deux branches de la fourche; elles sont, ici, inégales, l'une n'atteignant que le tiers de la longueur de l'autre et leurs directions sont presque parallèles entre elles, à une courte distance de la bifurcation. La plus longue branche possède un noyau accolé à sa paroi, au tiers inférieur. Le pied de ce rhizoïde est également très évasé à la base et son diamètre est supérieur d'un tiers à celui des deux branches. La bifurcation a lieu vers la moitié de sa longueur du rhizoïde. Le prothalle sur lequel nous avons trouvé cette anomalie, est également âgé de 76 jours; il est formé d'un filament long de onze cellules; les autres rhizoïdes, au nombre de six, sont filiformes, longs et étroits. En outre, les leucytes sont nombreux et actifs dans toutes les cellules du prothalle.

Les figures 3 et 4 reproduisent deux rhizoïdes zygomorphes observés dans les mêmes cultures de ce *Blechnum*. Ces rhizoïdes, dont l'un (*fig.* 3) est roulé en crosse à son extrémité et l'autre (*fig.* 4) affecte la forme d'un T, avec renflements du pied, sont en concordance avec les nombreuses gibbosités, d'ailleurs très variées, que l'on observe sur les jeunes filaments prothalliens de ce *Blechnum gibbum* Mett.

Les figures 1 à 4 sont les seuls cas de variations morphologiques observés chez les rhizoïdes, parmi plus de 300 prothalles actifs de ce *Blechnum gibbum* Mettenius, dont les spores ont germé au bout de sept jours de culture.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1757; 240, 1955, p. 1466.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les alcaloïdes cristallisés du* Lochnera (*Vinca*) rosea (*L.*) *Reichb. ou* Catharanthus roseus *G. Don*. Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Jean Le Men**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le *Lochnera rosea* Reichb. ou *Catharanthus roseus* G. Don (1), pervenche pantropicale, a fait l'objet de quelques recherches chimiques (2), (3), (4). Récemment, on a extrait de la variété *alba* (Sweet) Hubbd., trois alcaloïdes : l'ajmalicine, la serpentine et un troisième considéré comme nouveau, la lochnérine (5). Les auteurs signalent l'existence d'un alcaloïde C (très voisin de la lochnérine) et de l'akuammine.

Deux kilogrammes de racines de *Lochnera rosea* (L.) Reichb. (Apocynacées) en provenance de Madagascar ont été mis à notre disposition. Trois alcaloïdes en ont été isolés : l'ajmalicine, l'akuammine et un troisième désigné alcaloïde C, qui n'est autre, sans doute, que la lochnérine.

Ces trois bases ont été obtenues par chromatographie sur alumine des alcaloïdes totaux en solution dans le benzène. Les portions éluées au benzène ne cristallisent pas. Par élution subséquente à l'éther, on obtient tout d'abord un mélange d'ajmalicine et d'alcaloïde C. Ces deux bases ont été séparées par cristallisations fractionnées dans l'acétone. L'élution par l'éther étant poursuivie, on observe par concentration de la solution une précipitation spontanée d'akuammine. On purifie celle-ci par recristallisation dans le méthanol.

La serpentine n'a pu être retrouvée jusqu'alors.

L'ajmalicine est de la δ-yohimbine et l'akuammine est identique à celle précédemment extraite du *Vinca major* L. ou du *Picralima nitida* ([6]).

L'alcaloïde C est très voisin sinon identique à la lochnérine :

	F.	$[\alpha]_D$.	Spectre ultraviolet (max; λmμ).
Alcaloïde C	200-201°	+ 96° (*)	228 (log ε 4,45); 280 (log ε 3,94)
Lochnérine	220-201°	+ 50° (**)	225 (log ε 4,45); 280 (log ε 3,92)

(*) Alcool à 96°, $c = 0,32$; (**) Alcool absolu.

Le spectre ultraviolet (*fig.* 1) inchangé en milieu alcalin, présente de grandes analogies avec celui de l'aricine ([7]), de la sarpagine ([8]) et se confond

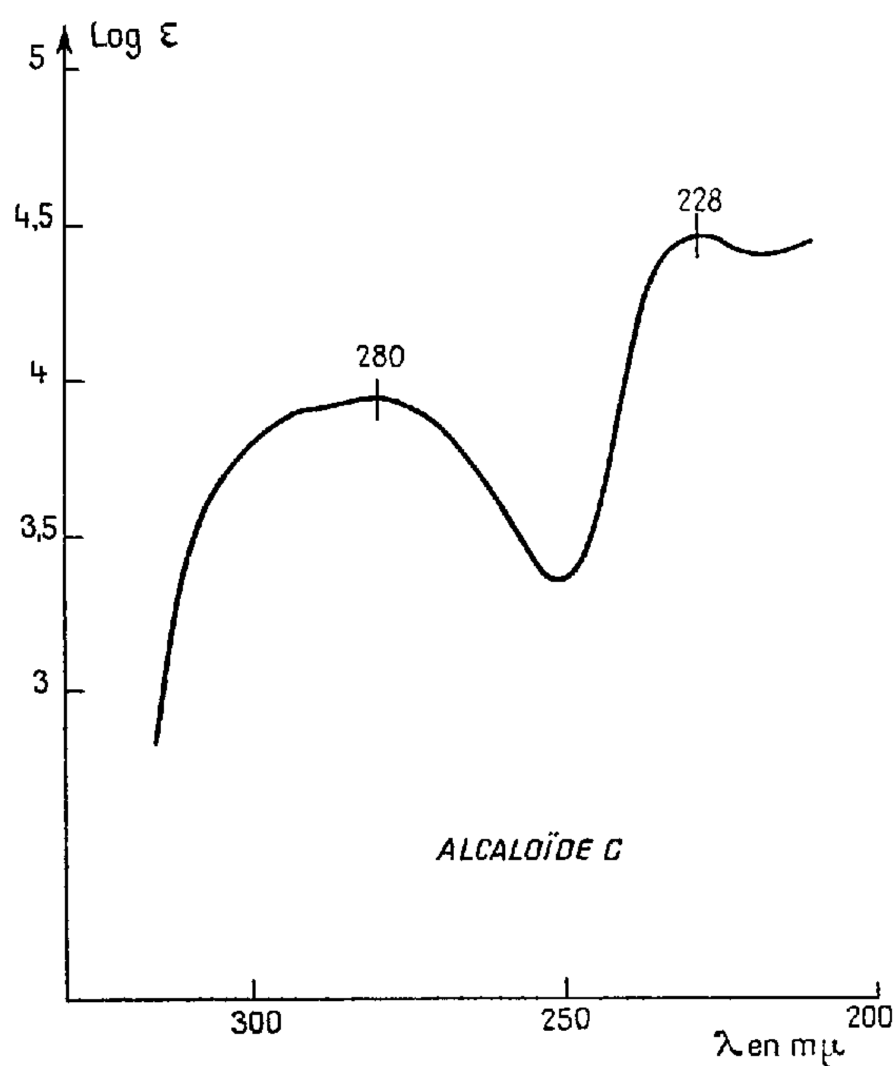


Fig. 1.

avec celui de la descarbométhoxyaricine ([7]). Le chromophore est celui d'un méthoxy-5 indole avec absorption encore intense à λ 310 mμ.

Le spectre infrarouge (*fig.* 2), comme celui de la lochnérine, ne montre pas de bande carbonyle, mais deux bandes à 6,17 et 6,24 μ (lochnérine : 6,10 et 6,24 μ).

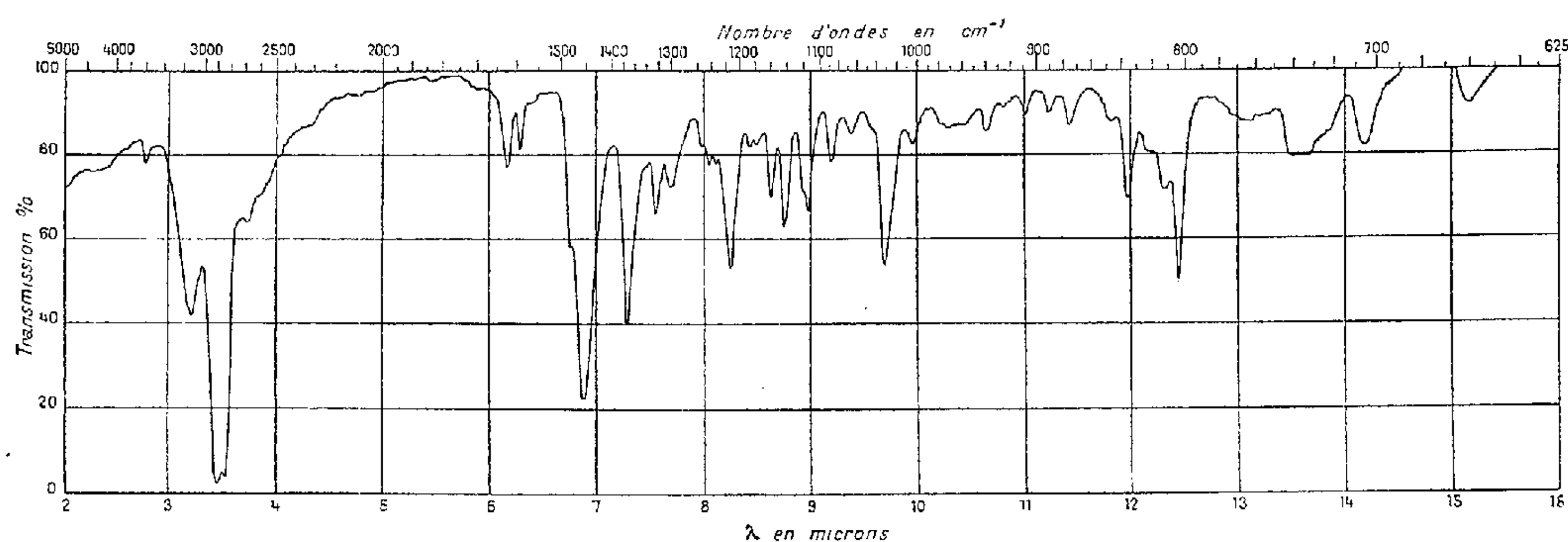


Fig. 2.

L'absence de N-CH_3 (trouvé % 0,83; calculé % 4,63) et la présence probable de C-CH_3 (trouvé % 1,77; calculé % 4,63) sont favorables à une structure du type δ-yohimbine.

Après méthylation de l'oxhydrile de la sarpagine, l'O-méthylsarpagine obtenue a un point de fusion identique à celui de l'alcaloïde C et de la lochnérine, son spectre ultraviolet (inchangé en milieu alcalin) et son spectre infrarouge sont superposables à ceux de l'alcaloïde C, ce qui nous permet de considérer celui-ci comme étant de l'O-méthylsarpagine et d'adopter la formule $C_{20}H_{24}O_2N_2$.

En conclusion, les alcaloïdes actuellement isolés du *Lochnera rosea* Reichb. ou *Catharanthus roseus* G. Don sont : l'ajmalicine (δ-yohimbine), l'alcaloïde C et la lochnérine, la serpentine et l'akuammine. Si l'on rapproche ces résultats de ceux acquis pour le *Lochnera lancea,* espèce très voisine, renfermant de l'ajmalicine, de la yohimbine (québrachine) ([9]) et un troisième alcaloïde non identifié, on se trouve en présence de deux biochimismes assez distincts pour constituer un élément supplémentaire de diagnose.

(1) M. PICHON, *Mém. Muséum Hist. Nat.*, 27, 1948, p. 237.

(2) M. GRESHOFF, *Ber.*, 23, 1890, p. 3544.

(3) R. PARIS et H. MOYSE-MIGNON, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1993.

(4) A. CHATTERJEE et S. K. TALAPATRA, *Science and Culture*, 20, 1955, p. 568.

(5) W. B. MORS, P. ZALTZMAN et J. J. BEERLBOOM, S. C. PAKRASHI et C. DJERASSI, *Chem. and Ind.*, 1956, p. 173.

(6) M.-M. JANOT, J. LE MEN, K. AGHORAMURTHY et Sir R. ROBINSON, *Experientia*, 11, 1955, p. 343.

(7) R. Goutarel, M.-M. Janot, A. Le Hir, H. Corrodi et V. Prelog, *Helv. Chim. Acta*, 37, 1954, p. 1805.

(8) A. Stoll et A. Hofmann, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 1143.

(9) M.-M. Janot et J. Le Men, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1311; *Ann. pharm. fr.*, 14, 1956, p. 341.

PHARMACOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques propriétés physiologiques communes à l'*Aconitum Anthora *L. et à l'*Aconitum heterophyllum *Wallich* ex *Hoocker F. et Th.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

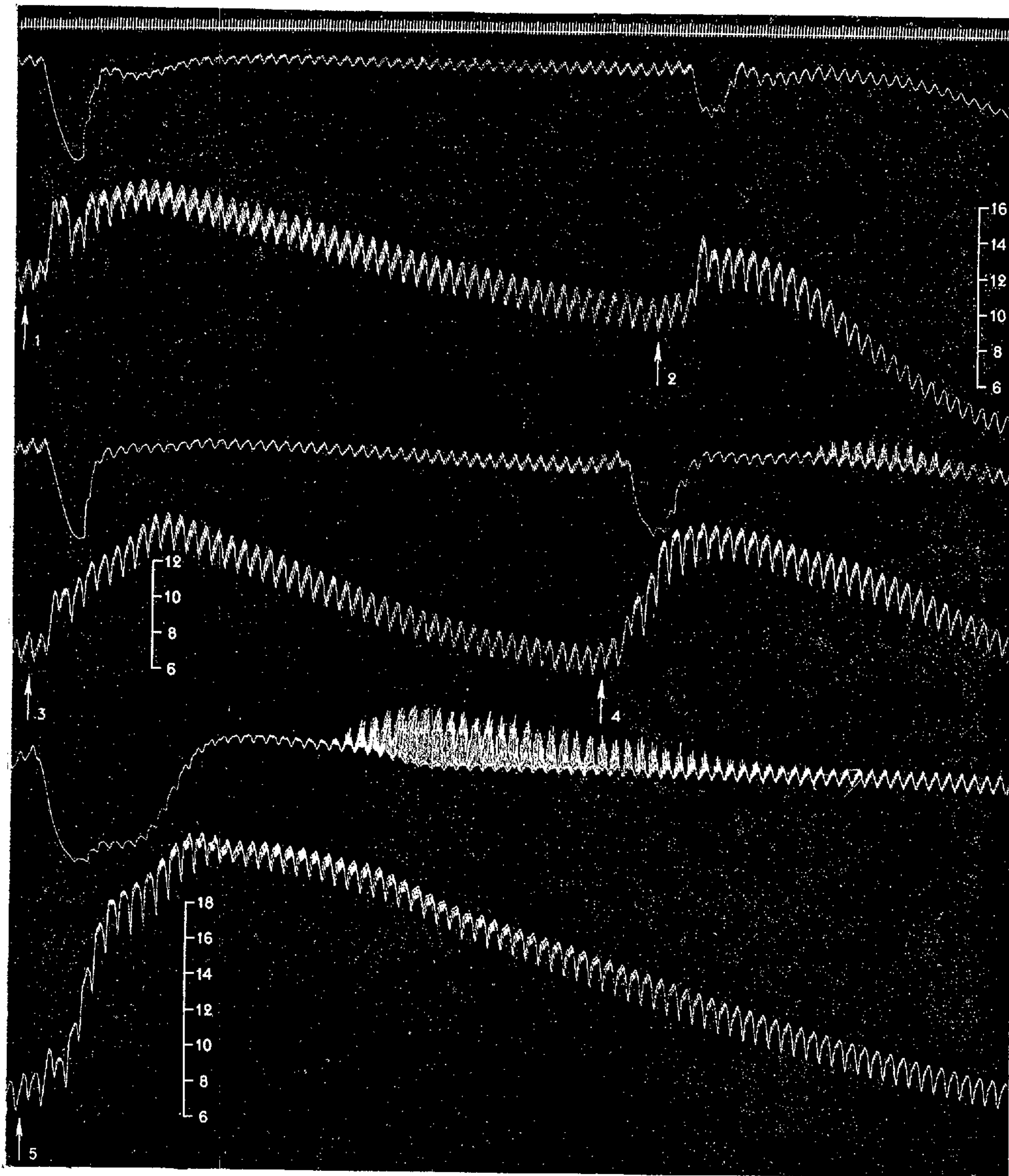
Schotz (1) a découvert, dès 1866, les analogies qui, tant dans l'ordre de l'anatomie végétale que dans celui de la toxicologie, rapprochent deux espèces d'Aconit : l'une de la région himalayenne l'*Aconitum heterophyllum* Wallich ex Hooker fils et Thomson, l'autre surtout européenne, l'*Aconitum Anthora* L. Bien que, confirmant celles très antérieures de C. von Schroff (2), les observations histologiques d'Albert Goris (3) lui aient permis d'affirmer à son tour la parenté botanique de l'*Aconitum heterophyllum* et de l'*Aconitum Anthora*, cet auteur a admis que les deux plantes n'avaient pas la même composition chimique puisqu'il a donné les noms nouveaux d'anthorine et de pseudoanthorine aux deux bases isolées de l'*Aconitum Anthora* alors que l'alcaloïde de l'*Aconitum heterophyllum* était connu depuis déjà longtemps sous la dénomination d'atisine. Plus récemment, il est vrai, André Goris (4) a admis l'identité de l'anthorine et de l'atisine qu'il avait pu isoler de l'*Aconitum heterophyllum* dont il avait, en outre, extrait un isomère de cette dernière, l'isoatisine, et un alcaloïde insoluble dans l'éther. Depuis lors de nouvelles bases ont été découvertes dans l'*Aconitum heterophyllum*, à savoir l'hétisine (5), la benzoyl hétératisine (6) et peut-être son produit d'hydrolyse, l'hétératisine, enfin l'atidine (7).

Actuellement donc, pour qu'on puisse affirmer que l'*Aconitum Anthora* et l'*Aconitum heterophyllum* ont une même composition chimique, il faudrait non seulement que l'identité de l'anthorine et de l'atisine soit confirmée par une comparaison plus complète des constantes de ces deux bases, mais encore qu'on retrouve dans l'*Aconitum Anthora* les alcaloïdes qui ont été récemment découverts dans l'*Aconitum heterophyllum*. La rareté de l'*Aconitum Anthora* nous ayant contraint de différer ce travail chimique, nous avons cru utile de savoir si l'ensemble des principes actifs des deux plantes est doué de la même activité physiologique.

Nos expériences ont montré que — comme on peut le voir sur le tracé reproduit ici — l'*Aconitum Anthora* possède les deux activités physiologiques caractéristiques que nous avons découvertes à l'*Aconitum hete-*

rophyllum, à savoir d'une part le pouvoir d'augmenter les effets de l'adrénaline ([8]), d'autre part une puissante action hypertensive ([9]).

Au début de l'expérience, l'injection dans la saphène de 0,006 mg d'adré-



Chien de 10,700 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle.

1re ligne : Temps en secondes. 2e, 4e et 6e lignes : Oncogramme. 3e, 5e et 7e lignes : Tensiogramme carotidien.

Aux points marqués par les flèches, on a injecté, en 1 et 3, 0,006 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Höchst; en 2, 2 cm³; en 4, 5 cm³ et en 5, 20 cm³ d'extrait aqueux au 1/5e de tubercules d'*Aconitum Anthora*, obtenu par coction de 4 h au bain-marie, puis macération de 20 h, filtration sur papier, enfin addition de la quantité calculée de chlorure de sodium pour que chaque centimètre cube contienne 8 mg de ce sel. Tracés réduits de moitié.

naline avait fait passer la pression carotidienne de 126 à 161, 149 et 172 mm Hg c'est-à-dire avait provoqué une hypertension atteignant 46 mm et comportant un léger infléchissement (« deep ») en cours d'ascension. Quand l'animal eut reçu deux injections intraveineuses successives, la première de 2 cm³, la seconde de 5 cm³ d'un extrait aqueux au 1/5ᵉ de tubercules d'*Aconitum Anthora* récoltés au Lautaret, l'adrénaline, à la même dose qu'initialement, éleva la pression artérielle de 60 à 147, produisant ainsi une hypertension de 71 mm qui ne comportait plus d'infléchissement pendant sa montée. L'hypertension maximale produite par une même dose d'adrénaline fut donc très nettement augmentée par l'extrait d'*Aconitum Anthora.*

Quant à l'action directe de l'extrait aqueux d'*Aconitum Anthora*, elle se traduit d'ordinaire différemment après la première injection et à la suite des injections subséquentes. A la suite de la première injection, celle-ci de 2 cm³, la pression monta de 118 à 144 mm cependant que l'oncogramme révélait une nette vasoconstriction du rein, puis cette pression s'abaissa rapidement jusqu'au niveau minimal de 42 mm dont elle ne remonta que lentement. Après la deuxième injection, celle-ci de 5 cm³, la pression se haussa rapidement de 76 à 145, soit de 69 mm Hg et redescendit lentement jusqu'à un niveau voisin du niveau antérieur, cependant que l'oncogramme traduisait une forte vasoconstriction rénale, puis après le retour au niveau initial une suite d'oscillations qui paraissent indépendantes du fonctionnement cardiaque et semblent traduire une fibrillation des muscles de la paroi abdominale enclosant l'oncographe. Enfin une injection de 20 cm³ éleva la pression de 79 à 220, soit de 141 mmHg et provoqua une très forte vasoconstriction du rein suivie ici, mais de façon beaucoup plus marquée, d'une phase d'oscillations rapides et amples.

(1) *Wochenblatt d. Zeitschr. d. k. k. Gesellsch. d. Aerzte in Wien*, 6, 1866, p. 165.
(2) *Neues Repert. f. Pharmacie*, 21, 1872, p. 29.
(3) A. Goris et M. Métin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 968.
(4) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1007.
(5) W. A. Jacobs et L. C. Craig, *J. biolog. chem.*, 143, 1942, p. 605.
(6) W. A. Jacobs, *J. biolog. chem.*, 147, 1943, p. 571.
(7) S. W. Pelletier, *Chemistry and Industry*, 1956, p. 1016.
(8) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 128, 1938, p. 479.
(9) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 247; *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 1221.

PROTISTOLOGIE. — *Sur un* Labyrinthula *de Roscoff.*
Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Créé par Cienkowski en 1867, le g. *Labyrinthula* est composé de Protistes unicellulaires et uninucléées, non chlorophylliens, quelque peu motiles,

mais non flagellés ni amœboïdes, fusiformes (parfois étoilés), réunis en colonies par un réseau de filaments hyalins. Ces organismes vivent sur les végétaux aquatiques, surtout les Algues, dont ils peuvent envahir les cellules, pour s'y développer en parasites ([1]).

Un examen de la bibliographie, d'ailleurs peu copieuse, les concernant, semble indiquer qu'ils appartiennent en réalité à deux genres bien distincts : *a*, le g. *Labyrinthula* (*str. sensu*), formé d'espèces *marines* chez lesquelles les filaments reliant entre eux les individus de chaque colonie sont relativement rigides, et constitués par une substance *non vivante*, sécrétée par ces individus, lesquels ne phagocytent jamais des particules solides (*L. vitellina* Cienk. 1867, *L. macrocystis* Cienk. 1867, *L.* (*Labyrinthomyxa*) *Sauvageaui* Duboscq 1921, *L. Zopffii* Valkanov 1929, *L. Chattonii* P. A. Dangeard 1931, *L. algeriensis* A. Hollande et M. Enjumet 1955); *b*, le g. *Labyrinthorhiza* (g. nov.), formé d'espèces au contraire *d'eau douce*, chez lesquelles ces filaments, plus mous, sont très probablement des pseudopodes filamenteux (filopodes), formés de matière *vivante*, et dont l'une (la seconde) est capable de phagocytose (*L. Cienkowskii* Zopf 1882 et *L. Zopfii* P. A. Dangeard 1910, non Valkanov 1929).

Chez les *Labyrinthula* vrais, les filaments ont été décrits le plus souvent, et en dernier lieu par E. L. Young (1943), comme des *fils*, sur lesquels glissent les cellules, à la façon de wagons sur des rails. Pourtant, selon Valkanov (1929), puis Hollande et Enjumet (1955), ce sont des *tubes*, dans lesquels les cellules peuvent circuler. Chez *L. algeriensis*, ces tubes sont parfois gros, et il y a production de zoospores hétérocontes, ce qui conduit peut-être (?) au g. *Pyrrhosorus* de Juel, 1900. *Labyrinthula* vrais et *Labyrinthorhiza* sont peut-être les uns et les autres apparentés aux Chrysophycées, les seconds parce que leurs colonies rappellent celles des Chrysophycées du g. *Chrysarachnion* Pascher, les premiers parce que *L. algeriensis* possède des corps mucifères (?), un leucoplaste, des pyrénoïdes (?), et surtout des zoospores hétérocontes, avec leucoplaste stigmatifère, rappelant l'organisation des Chrysomonadines.

Cela précisé, l'espèce de Roscoff, représentée par les figures 1 à 5, est un *Labyrinthula* vrai, observé en août 1955 dans les cellules de Phéophycées (*Taonia atomaria* et des *Ectocarpus*) conservées depuis quelques jours au laboratoire, et dans lesquelles on pouvait noter une désintégration de l'appareil plastidial et des physodes. On remarquera à son sujet que : 1° les filaments reliant les cellules entre elles sont certainement des *tubes*, qui sous l'action du bleu coton acétique, réactif de la callose, deviennent violacés, et se décollent des cellules qu'ils renferment (*fig.* 1); 2° ces tubes peuvent *se cloisonner* en segments fusiformes, renfermant chacun une cellule (*fig.* 1, en bas, et *a*, *fig.* 2); 3° les segments ainsi formés peuvent devenir vésiculeux, ou épaissir leur paroi, qui alors brunit (*fig.* 5); 4° au lieu

de colonies, on observe parfois des cellules *isolées*, logées chacune dans une mince *capsule*, comparable à un segment de tube (*b*, *fig.* 2); 5° la *schizogonie* s'effectue par une bipartition *transversale* (*c* et *d*, *fig.* 2) après laquelle, le plan de division devenant très oblique, les cellules-filles reprennent

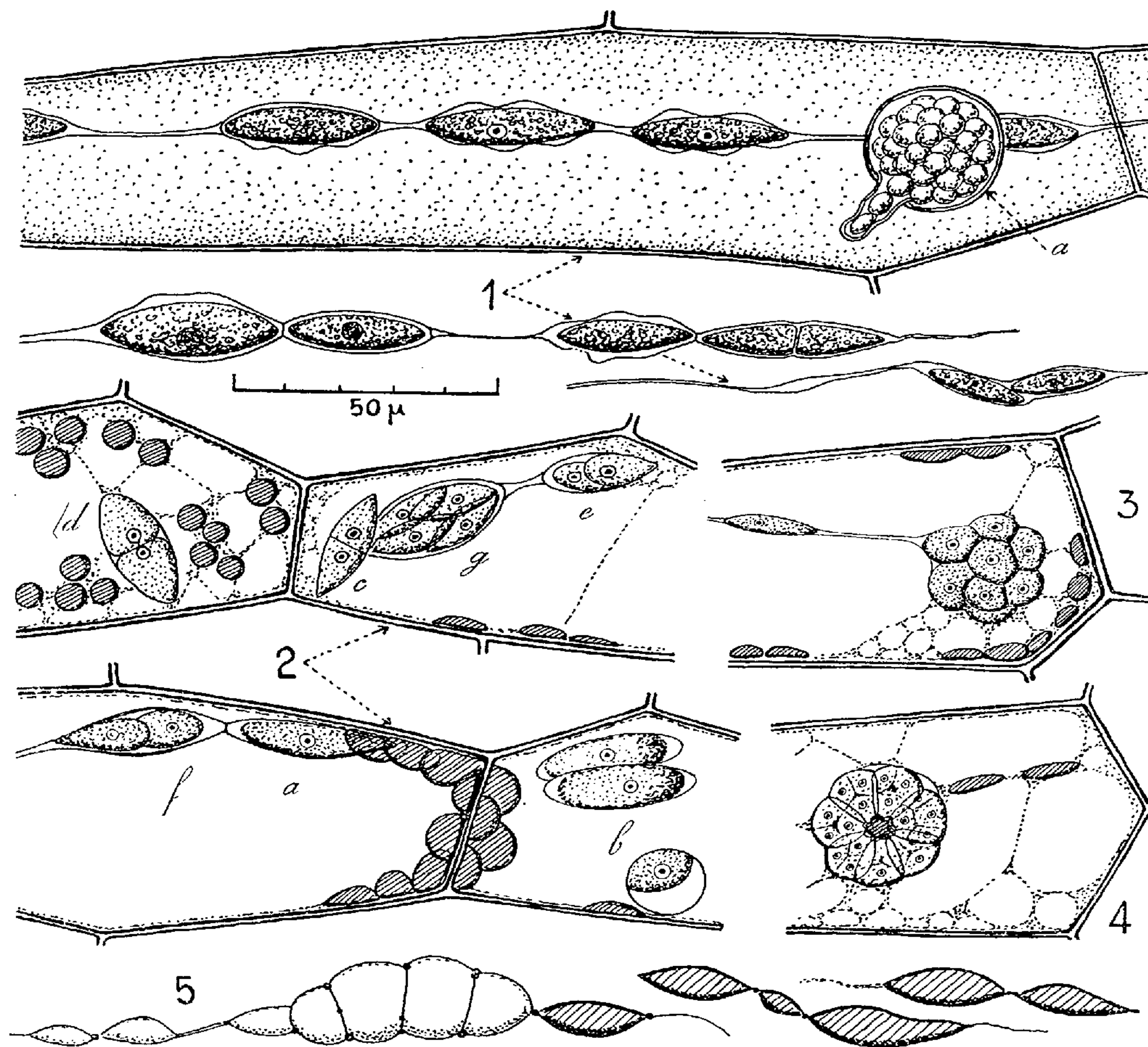


Fig. 1 à 5. — ***Labyrinthula roscoffensis*** n. sp., dans des cellules malades de *Taonia atomaria* (*voir* le texte; en 1, par coloration au bleu coton acétique, cellules bleues, tubes violets, et un *Olpidium* ou *Olpidiopsis* en sporulation : *a*, parasite du *Taonia*).

la forme de fuseaux (*e* et *f*, *fig.* 2); 6° dans chaque segment de tube, il peut y avoir deux bipartitions successives, donnant quatre cellules-filles (*g*, *fig.* 2), ou même plusieurs bipartitions, donnant un amas de cellules-filles (*fig.* 3); 7° pour la *sporogonie*, un amas formé peut-être de cette façon, peut-être plutôt par réunion d'individus adultes d'abord séparés, et centré sur des débris de phéoplastes et de physodes, compose un *sore*, dans lequel chaque individu devient un *tétrasporocyste* (*fig.* 4), sans qu'on puisse dire s'il y a ou non méiose à ce moment. La sortie des spores et leur

structure n'ont pas été vues, ni le leucoplaste, les pyrénoïdes et les corps mucifères décrits par Hollande et Enjumet chez *L. algeriensis* : il a été seulement observé, dans chaque cellule, un noyau central (dont le nucléole se colore par le bleu acétique) et des granulations lipidiques dans le cytoplasme incolore.

Par la taille de ses cellules (15 à 30 μ environ), cette espèce rappelle *L. macrocystis* Cienk.; par son aspect, elle ressemble beaucoup à *L. Chattonii* P. A. Dang., qui vit dans des *Cladophora*, et dont les dimensions n'ont malheureusement pas été fournies par son auteur. Il est probable que ce soit une espèce nouvelle, pour laquelle je propose le nom de *L. roscoffensis*.

(1) Pour la bibliographie, *voir* : E. L. Young, *Amer. J. Bot.*, 30, 1943, p. 587; A. Hollande M. Enjumet, *Ann. sc. nat., Zool.*, 17, 1955, p. 357-368.

BIOLOGIE MARINE. — *Détermination de la production de matière organique en Méditerranée à l'aide du* ^{14}C. Note de MM. **Jean Brouardel** et **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Fage.

La quantité de carbone organique produite par assimilation chlorophyllienne du phytoplancton est mesurée directement à l'aide du radiocarbone servant de traceur. Premiers résultats pour une station sise à deux milles au Sud de Monaco en juillet et octobre 1955.

Principe. — L'intensité de la photosynthèse qui s'effectue suivant l'équation globale : $CO_2 + nH_2O +$ énergie $\rightarrow C(H_2O)_n + O_2$ peut être mesurée directement, selon la méthode au ^{14}C de Steemann Nielsen (1), par la quantité de matière organique produite. Pour cela, une quantité déterminée de $^{14}CO_2$ est ajoutée sous forme de $NaH^{14}CO_3$ à l'eau de mer de teneur en CO_2 connue.

En admettant en première approximation, que $^{14}CO_2$ est assimilé par le phytoplancton uniquement par photosynthèse, avec la même vitesse que $^{12}CO_2$ et qu'il n'y a pas de perte en CO_2 par la respiration, la détermination de la teneur en radiocarbone du plancton, après expérience, permet de connaître la quantité totale de carbone assimilé. Cette teneur est déterminée par la mesure de la radioactivité du phytoplancton retenu sur un filtre.

Les expériences sont faites entre la surface et une profondeur à laquelle l'intensité lumineuse est de l'ordre du 1/100e de celle de la surface.

Mode opératoire. — Il comprend : le prélèvement d'échantillons d'eau de mer à différentes profondeurs; la préparation des échantillons par addition de $^{14}CO_2$; l'exposition des échantillons pendant une demi-journée solaire; la filtration des échantillons; le séchage et le traitement des filtres pour l'élination du carbone minéral; le comptage.

De plus, il est indispensable de mesurer la température, la salinité et le pH des échantillons en vue de la détermination du CO_2 total.

Enfin, des mesures photométriques dans le rouge, le vert et le bleu, permettent de connaître la profondeur au-delà de laquelle la photosynthèse devient négligeable.

Prélèvements. — Ils ont été effectués à l'aide d'une bouteille entièrement en matière plastique afin d'éviter l'action des ions métalliques. Cette bouteille est formée d'un large tube en matière plastique transparente sans rétrécissement ni soupape dans laquelle l'eau circule librement à la descente. A chacune de ses extrémités un clapet en matière plastique transparente est maintenu éclipsé par un ergot dont il se trouve libéré par action d'un « messager » lors du prélèvement. Les clapets assurent alors l'étanchéité du tube.

Nous avons choisi ce mode de prélèvement de préférence à celui réalisé par bouteille à vide, ce dernier risquant en effet de produire un dégazage de l'eau.

Préparation des échantillons. — Nous nous sommes servis de flacons en verre Pyrex d'une contenance de 1/6e de litre, fermés par des capsules en caoutchouc. Après remplissage, on ajoutait à l'eau de mer le contenu d'une ampoule de $NaH^{14}CO_3$, correspondant à 508000 c/mn sur nos installations de comptage. Pour chaque profondeur de prélèvement, deux flacons ont été remplis. Quelques flacons témoins furent placés à l'obscurité.

Exposition. — Après remplissage, les flacons sont fixés le long d'un filin et redescendus à la profondeur de prélèvement de l'eau qu'ils contiennent. Ils y sont exposés pendant une demi-journée solaire, soit donc du lever du soleil jusqu'à midi (heure locale), soit de midi jusqu'au coucher.

Filtration et séchage. — Aussitôt après exposition, le contenu des flacons est filtré sur des filtres en collodion à grandeur de pores inférieure à 1 μ. Après lavage à l'eau de mer stérile et non radioactive, les filtres sont placés dans des presses leur assurant la planéité au séchage.

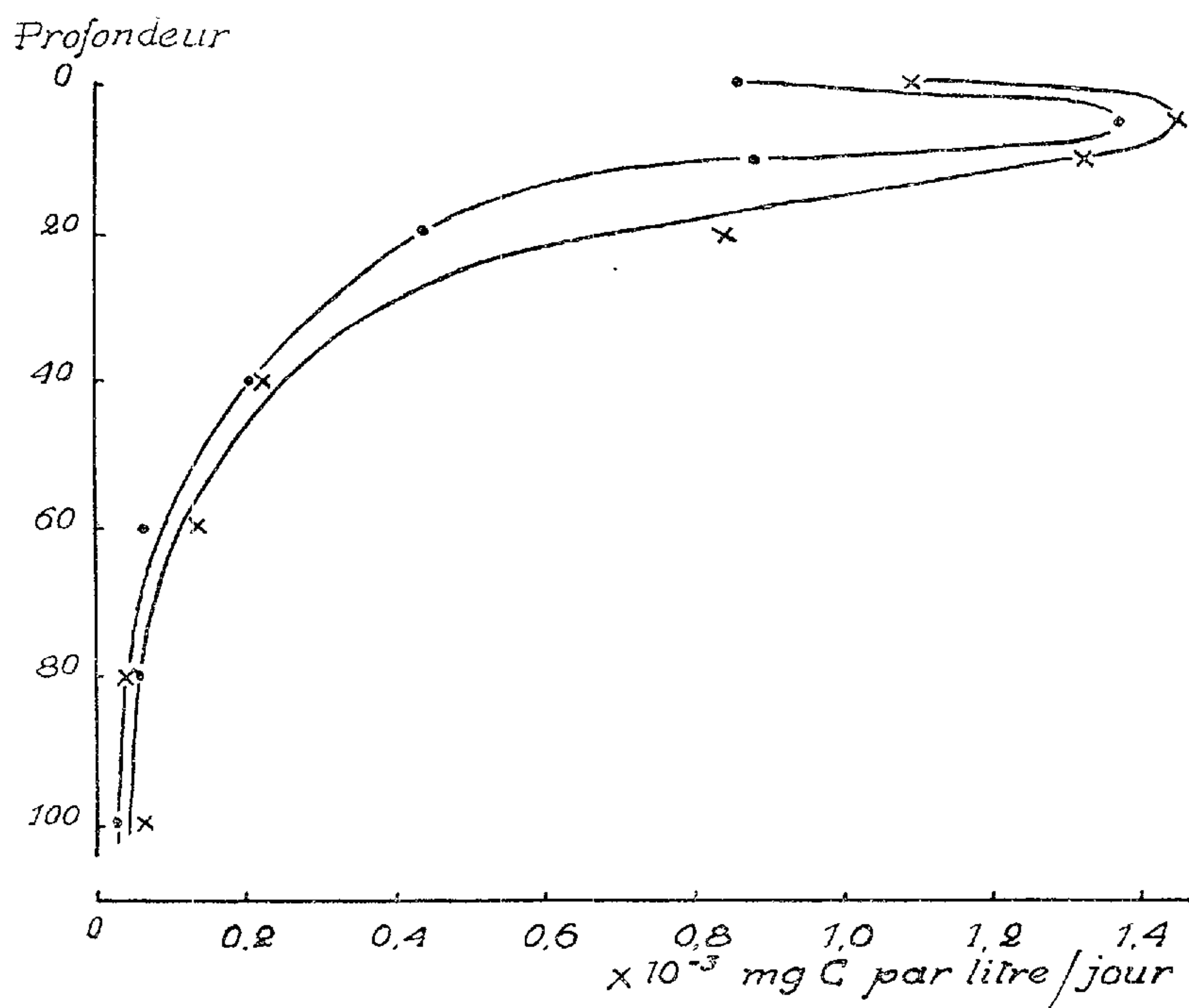
Traitement des filtres. — Les filtres secs peuvent être conservés sans perdre leur activité (demi-période du $^{14}C = 5\,900$ ans). Avant comptage ils sont placés pendant un certain temps en atmosphère chlorhydrique afin d'éliminer le $^{14}CO_2$ qui a pu se fixer sous forme de carbonate.

Comptage. — Le comptage est effectué avec un compteur Saphymo à tube de Geiger à fenêtre terminale mince, le même qui a servi à l'étalonnage des ampoules. Après déduction du seuil, on connaît ainsi l'activité de chaque filtre exprimée en coups par minute.

Résultats. — Après un certain nombre d'essais préliminaires, effectués en juin 1955, nous avons entrepris deux séries d'expériences de photosynthèse, l'une en juillet, l'autre en octobre.

Les courbes ci-jointes qui représentent chacune la moyenne de quatre expériences journalières, donnent, en fonction de la profondeur, la masse moyenne

brute de carbone assimilé au cours de juillet et d'octobre. On voit que l'assimilation est maximum dans les 20 premiers mètres puis décroît rapidement et devient négligeable vers 80 m.



Variation, en fonction de la profondeur, de la production organique journalière moyenne, exprimée en milligrammes de C par litre d'eau de mer, au cours des mois de juillet ● ——— et d'octobre × ———.

Des mesures photométriques ont montré que l'intensité lumineuse n'est plus que de l'ordre de 1/100ᵉ à 100 m. La surface enveloppée par la courbe représente alors la production journalière moyenne d'une colonne d'eau ayant 100 m de profondeur et une section de 1/10ᵉ de centimètre carré. On peut en déduire la masse totale brute de carbone assimilé par mètre carré de surface, par journée solaire.

Elle a été de 29,8 mg en juillet; de 39,6 mg en octobre 1955.

Signification des résultats. — Ces chiffres représentent très sensiblement la production photosynthétique journalière brute. En effet, les corrections tenant compte, en particulier, de la respiration et de la vitesse d'assimilation propre au $^{14}CO_2$ sont faibles et n'affectent que de très peu les résultats. Si l'on en tient compte, la production moyenne brute à la station considérée a été de 31,5 mg C/m² par jour en juillet et de 42 mg C/m² en octobre 1955.

Si l'on compare ces résultats à ceux publiés par Steemann Nielsen (1952) à la suite des observations faites à bord de la *Galathea* dans divers océans, on

constate que nos nombres sont nettement inférieurs à la moyenne obtenue par l'auteur danois, qui serait de 123 mg par jour. Mais nos résultats sont très probablement en relation avec la pauvreté relative en plancton de la Méditerranée. Nielsen note d'ailleurs des variations importantes et ne trouve, par exemple, que 20 mg dans les parages de Ténériffe alors qu'il trouve 2 g dans le courant de Benguela.

(1) *J. Cons. Intern. mer*, 18, 1952. *Physiologia plantarium*, 8, 1955 et 9, 1956.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en biotine des raisins et des vins.* Note de M. **Émile Peynaud** et Mlle **Suzanne Lafourcade**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

D'après Cheldelin et Williams (1), les teneurs en biotine de divers fruits varient de 9 à 40 μg/kg; ces auteurs trouvent 31 μg/kg pour le raisin. Delindati (2) indique 17 à 26 μg/kg pour la tomate fraîche. Castor (3) a dosé la biotine sur un seul échantillon de jus de raisin, avant et après fermentation : de 2 μg dans le moût, la biotine tombe à 0,4 μg dans le produit fermenté.

Nous avons déterminé la biotine sur un grand nombre de moûts et de vins, blancs et rouges. Après contrôle, nous avons adopté la méthode microbiologique dérivée de celle de Wright et Skeggs (4), utilisant *Lactobacillus arabinosus* 17-5. La croissance de ce microorganisme et l'acidité qu'il forme après 72 h d'incubation à 35° dans un milieu de culture approprié (*Bacto-biotin assay medium Difco*), sont proportionnelles à la teneur en biotine. La méthode s'applique parfaitement au vin, dilué 50 à 200 fois, sans autre traitement. La biotine s'y trouve à l'état libre et une hydrolyse acide préalable n'en augmente pas la quantité dosable.

Dans une vingtaine de moûts fraîchement préparés à partir de raisins mûrs, nous avons trouvé 1,5 à 4,2 μg/l, avec moyenne de 2,63. Pour 56 vins rouges de la région de Bordeaux, la biotine a varié de 0,6 à 4,6 μg, avec moyenne de 2,15; enfin pour 30 vins blancs de même origine, on note de 1,0 à 3,6 μg, avec moyenne de 1,97, ces teneurs étant rapportées au litre. La nature du vin n'influe pratiquement pas sur le taux de biotine, non plus que la macération des parties solides du raisin au cours de la fermentation. Le vieillissement prolongé n'affecte pas cette teneur : elle est du même ordre dans des vins de 50 ans ou d'un à deux ans. D'autre part, on note à peine moins de biotine dans les vins que dans les moûts.

Nous avons suivi par ailleurs le comportement de la biotine dans les raisins au cours de la maturation en 1956. Nous indiquons ici les chiffres moyens, calculés pour les deux cépages Merlot et Cabernet-Sauvignon,

suivis par des prélèvements effectués à intervalles réguliers, dans trois vignobles différents du Bordelais. La première ligne représente les teneurs en biotine en microgrammes rapportées au litre de jus de raisin; la seconde ligne, les teneurs calculées pour 1000 baies.

28 VIII.	10 IX.	20 IX.	1 X.	11 X.	17 X.
5,0	4,0	2,3	2,8	2,7	3,2
3,1	3,0	1,8	2,3	2,3	2,3

A partir de la véraison, on assiste durant le premier mois à une forte diminution de cette vitamine, suivie d'une légère augmentation et d'une stabilisation dans la baie. Il y a finalement toujours moins de biotine dans le raisin mûr que dans le raisin vert.

Au cours de la fermentation alcoolique en culture pure provoquée au laboratoire, on observe pendant la période de multiplication des levures une consommation très importante. La biotine tombe au dixième de la valeur initiale, puis remonte légèrement à la fin de la fermentation, par autolyse des cellules. Toutes les levures de vin, cultivées sur moût de raisin, consomment de la biotine. Ce sont les *Pichia* et les *Hansenula* qui en fixent le moins; *Saccharomyces ellipsoïdeus* et *Kloeckera apiculata* sont au contraire les espèces qui épuisent le plus fortement le moût; le produit fermenté dans ces conditions n'a pas plus de 0,2 à 0,4 μg/l de biotine. Les levures se conduisent à ce sujet suivant leurs besoins en biotine, fixés dans un travail antérieur ([5]). La consommation est généralement plus forte dans la fermentation aérobie qu'à l'abri de l'air. Cependant dans la pratique de la vinification, l'épuisement de la biotine n'est pas aussi important que dans les essais de laboratoire, ou bien d'autres facteurs interviennent, car au sortir de la cuve de fermentation, les teneurs des vins nouveaux sont de l'ordre de 1,2 μg/l et la teneur moyenne des vins faits ne s'éloigne pas beaucoup de celle des moûts.

Dans une série d'essais, nous avons déterminé la perte de biotine provoquée par les traitements habituels de clarification et de stabilisation des vins. Minime pour les vins rouges, elle est assez importante pour les vins blancs. Les collages à l'albumine, à la caséine ou à la colle de poisson réduisent de moitié la teneur en biotine de ces vins; de même les traitements adsorbants à base de bentonite, de charbon, de terre d'infusoires prélèvent des proportions mesurables de cette vitamine. Ces diminutions n'ont, en réalité, aucune incidence sur la valeur alimentaire du vin, l'apport de biotine dans la ration journalière par 1 l de vin étant absolument négligeable; les besoins journaliers de l'adulte sont estimés en effet de 150 à 350 μg. Par contre, si les teneurs des vins sont nutritionnellement 100 fois trop faibles, elles sont 100 fois plus fortes que celles qui sont nécessaires à assurer le développement des levures et des bactéries, et il n'est pas

possible de songer à une stabilisation microbienne naturelle des vins par carence en biotine.

(1) *Univ. Texas Pull*, 4237, 1942, p. 105.
(2) *IXe Congrès Intern. Industries Agricoles*, Rome, 1952.
(3) *Applied Microbiology*, 1, 1953, p. 97.
(4) *Proc. Soc. Biol. med.*, 56, 1944, p. 95.
(5) S. LAFOURCADE, *Ann. Techn. Agric.*, 3, 1954, p. 308.

SÉROLOGIE. — *Étude électrophorétique des constituants du sérum de l'Anguille.* Note de Mme **ANDRÉE DRILHON**, MM. **JEAN FINE**, **JOSÉ URIEL** et Mlle **FRANÇOISE LE BOURDELLES**, présentée par M. René Dujarric de la Rivière.

Les protéines des poissons se séparent par électrophorèse sur papier moins aisément que celles de l'Homme ou de la plupart des Mammifères, rendant plus difficile l'individualisation de ces fractions par rapport à celles rencontrées dans le sérum humain.

Des études antérieures effectuées par l'un de nous (1) ont permis de fixer les caractéristiques électrophorétiques d'un certain nombre de Téléostéens apodes. Mais si des espèces comme le Congre ou la Murène ont des électrophorégrammes très similaires, l'Anguille présente un protéinogramme d'aspect particulier, une des fractions globuliniques atteignant en effet à elle seule plus de 50 % des globulines totales.

La biologie particulière de cette espèce appartenant aux grands migrateurs, possédant un caractère de parfaite euryalinité, et un sérum doué d'une activité neurotoxique pour les petits Mammifères, nous ont incité à poursuivre l'étude de ses constituants plasmatiques avant d'aborder leurs rapports avec la physiologie de ce poisson.

Nous n'étudierons dans cette Note que l'Anguille d'avalaison, celle-ci donnant de meilleures séparations que l'Anguille mâle ou l'Anguille jaune sédentaire.

Nous avons eu recours comparativement à l'électrophorèse sur papier et à l'électrophorèse en gélose pour préciser la nature des différentes fractions protéiques ainsi que des lipides ou des substances donnant une réaction acide periodique Schiff positive qui leur sont liées.

L'électrophorèse en gélose suivant la méthode de P. Grabar et C. A. Williams (2) présente sur l'électrophorèse sur papier l'avantage de réaliser des conditions très voisines de l'électrophorèse de frontières : la faible concentration de la gélose (1,5 %) réalise un support presque exclusivement liquide, les phénomènes d'évaporation sont pratiquement inexistants. De plus, dans cette méthode les positions des différentes fractions du sérum humain en fin d'électrophorèse ont été établies à la fois par un

critère de mobilité (albumines et α-globulines du côté anodique, β et γ du côté cathodique du dépôt du sérum) et par un critère immunologique grâce à l'immunoélectrophorèse. Les résultats obtenus sont les suivants :

Protéines. — Les figures 1 et 2 permettent de comparer les fractions protéiniques du sérum de l'Anguille d'avalaison, avec celles du sérum humain. L'électrophorèse en gélose permet de définir la fraction albumine

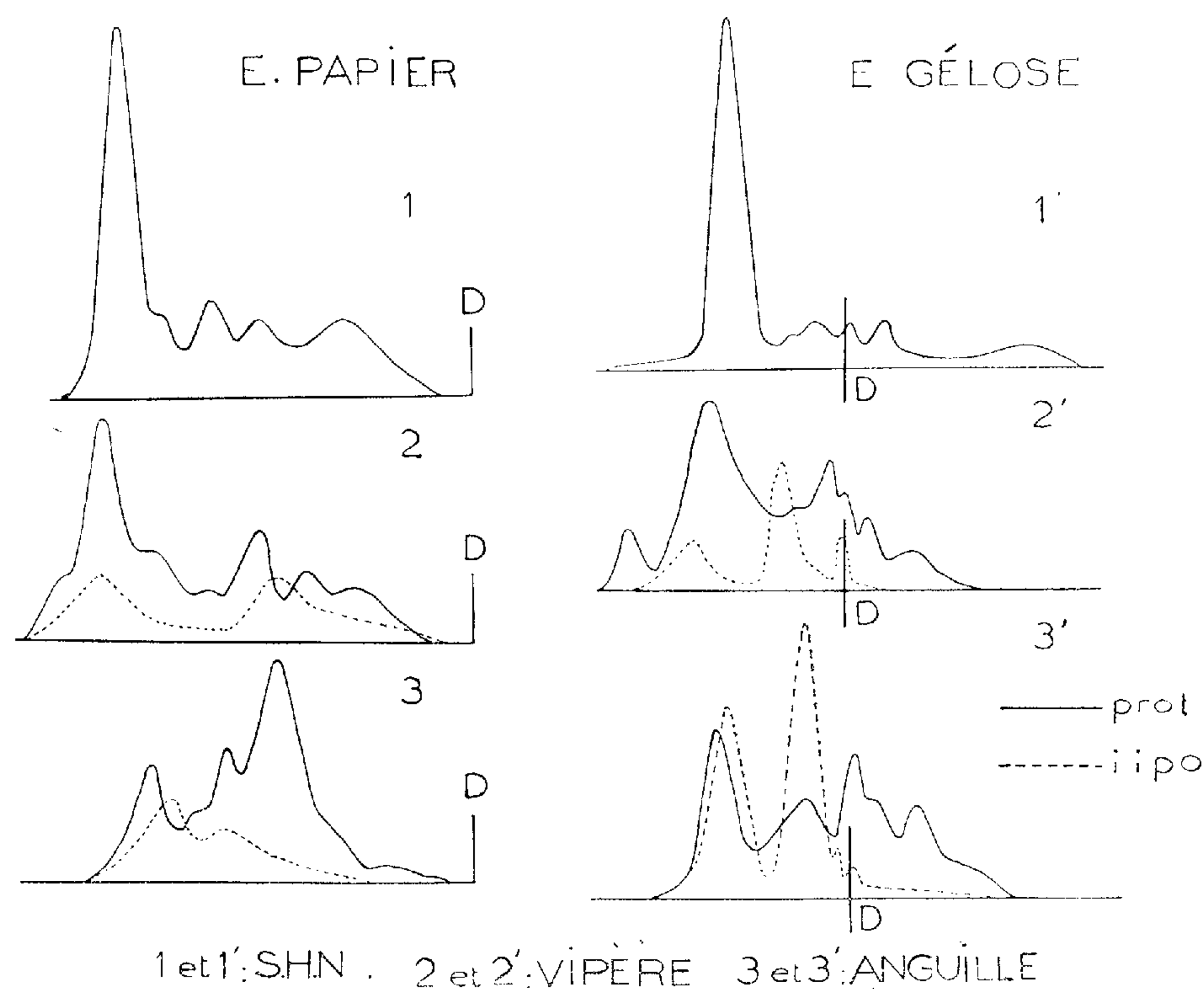


Fig. 1.

par comparaison avec la mobilité de la fraction ρ individualisée immunochimiquement par Grabar et Williams dans le sérum humain. Cette fraction ρ, de mobilité plus élevée que l'albumine, est particulièrement importante chez certains Reptiles comme la Vipère (*fig.* 2) devenant visible même par électrophorèse sur papier. Les protéines de l'Anguille se séparent en cinq fractions d'inégale importance, quelle que soit la méthode utilisée. La fraction la plus rapide se situe en arrière de la fraction ρ et peut être définie comme une albumine. Cette fraction est quantitativement très inférieure à la fraction albuminique du sérum humain. Les fractions globuliniques, au nombre de quatre, se répartissent en α, β et γ. Les deux techniques que nous avons utilisées nous ont montré une fraction dominant par son importance et présentant une mobilité analogue aux

globulines β_2 humaines définies par immunoélectrophorèse. Les globulines α sont bien individualisées alors que les globulines γ paraissent très peu importantes et difficiles à séparer des β-globulines. Il faut noter que la

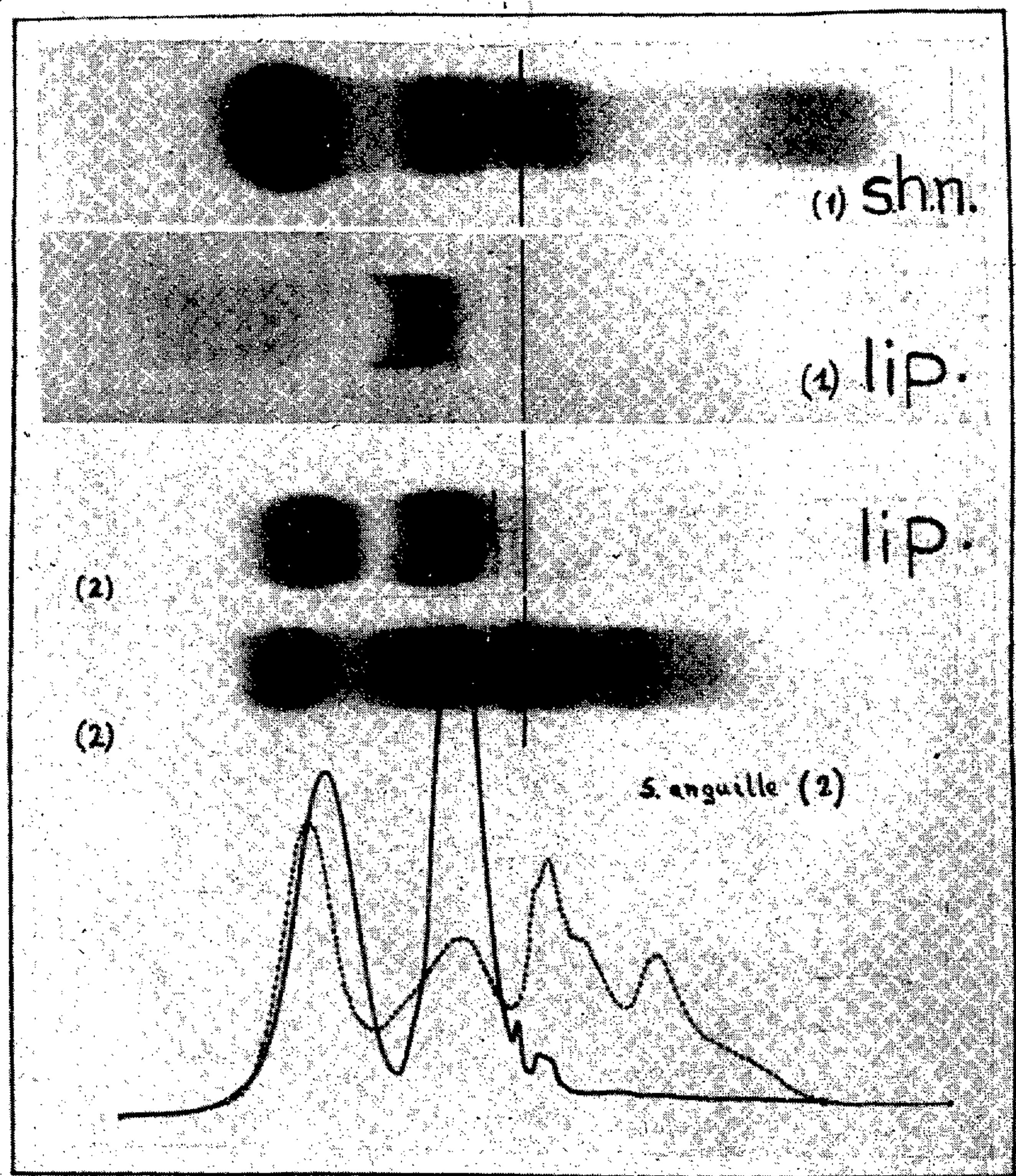


Fig. 2.

dissociation des α et β-globulines en sous-fractions α_1 et α_2 ou β_1 et β_2 n'est pas entièrement superposable selon qu'on effectue l'électrophorèse sur papier ou en gélose.

Lipoprotéines. — Le sérum de l'Anguille, très riche en cénapses lipoprotéiques, présente deux fractions soudanophiles nettement individualisées. La fraction de plus grande mobilité est une lipoalbumine quantitativement beaucoup plus importante que celle rencontrée chez l'Homme ([3]) (*fig.* 2). L'autre fraction également plus importante que les α-lipoprotéines humaines, migre en gélose comme ces dernières mais occupe sur le

papier une position intermédiaire entre les α et les β-globulines. Cette discordance est probablement en rapport avec un phénomène de rétention ralentissant la migration de cette fraction dans le papier.

Substances P. A. S. positives (4). — Celles-ci se répartissent sur toutes les fractions protéiques mais avec une prédominance marquée sur les α et les β-globulines.

L'importance de la fraction lipoalbuminique et de la fraction globulinique β du sérum de cet animal nous apparaît comme un fait physiologique digne d'être approfondi. Des expériences sont en cours pour essayer de rattacher l'activité neurotoxique de ce sérum à l'une des différentes fractions séparées par électrophorèse.

(1) A. Drilhon, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1779 et 238, 1954, p. 940.
(2) *Bioch. Biophys. Acta*, 10, 1953, p. 193 et 17, 1955, p. 67.
(3) J. Uriel et P. Grabar, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1956 (sous presse).
(4) Substances donnant une coloration avec le réactif de Schiff après oxydation périodique.

SÉROLOGIE. — *Détermination de la fraction responsable de l'action antizymique des sérums vis-à-vis de certaines diastases microbiennes.* Note de MM. **Raoul Kourilsky**, **Pierre Burtin** et **Rémy Richou**, transmise par M. Gaston Ramon.

Dès 1944, G. Ramon (1) attirait l'attention sur la présence dans les sérums, d'un principe qu'il dénommait « principe antizymique », différent de l'anticorps c'est-à-dire antiferment spécifique et capable de s'opposer, par exemple, à la gélatinase du Bacille subtilis.

Par la suite, G. Ramon et R. Richou (2) constatèrent que les sérums possèdent la propriété d'annihiler le pouvoir antidotique des filtrats de culture de *Penicillium notatum*, de *Streptomyces griseus* et de *Bacillus subtilis*.

Enfin récemment, nous avons montré (3) que les sérums sont doués de propriétés antizymiques à l'égard de la gélatinolysine et de la fibrinolysine présentes dans les filtrats de culture du *Proteus*, de *Pseudomonas æruginosa*, de *Bacillus subtilis*, de *Chromobacterium prodigiosum*,. de *Staphylococcus pyogènes*.

Au cours de nouveaux essais, nous avons cherché à préciser la nature chimique du ou des facteurs antigélatinolytiques, antifibrinolytiques et antidotiques spontanément présents dans les sérums humains et dans ceux des diverses espèces animales.

Nous avons établi tout d'abord que ce facteur n'est pas dialysable et qu'il est entièrement précipité par l'acide trichloracétique à une concentration finale de 10 % (le liquide surnageant n'a plus aucune activité).

Dans une deuxième série d'expériences, nous avons fractionné les divers sérums animaux étudiés.

— Séparation des euglobulines et des pseudoglobulines par dialyse contre l'eau distillée, reprise du précipité dans une solution saline physiologique, rééquilibration des deux produits par dialyse contre une solution saline physiologique changée plusieurs fois.

— Fractionnement par le sulfate d'ammonium : les sérums ont été précipités successivement à 33, 40, 45, 50 et 66 % de saturation en sulfate d'ammonium. Les précipités obtenus après centrifugation ont été lavés avec une solution de sulfate d'ammonium de même teneur que celle ayant déterminé la précipitation. Puis ils ont été dissous dans une solution saline physiologique, dialysés contre une même solution renouvelée jusqu'à ce qu'elle ne donne plus aucune réaction avec une solution de Cl_2Ba à 1 % (disparition des ions sulfate). Toutes les solutions obtenues ont été ajustées au même volume, le même que celui du sérum ayant servi au fractionnement. Nous avons à titre d'exemple reproduit dans le tableau ci-dessous un certain nombre des résultats obtenus :

Quantité de produit empêchant l'action de cinq unités gélatinolytiques ou fibrinolytiques.

	Pouvoir antigélatinolytique.		Pouvoir antifibrinolytique.
Produit utilisé.	Proteus n° 1.	Subtilis n° 1.	Proteus n° 1.
Sérum humain normal.......	+1/500 −1/300	+1/3000 −1/1000	+1/30 −1/10
Fraction I (0-33 % satur. sulf. amm.).	+1/10	+1/30 −1/10	1/10
Fraction II (33-40 % satur. sulf. amm.).	+1/100 −1/50	+1/300 −1/100	+1/10 −1/3
Fraction III (40-45 % satur. sulf. amm.).	+1/300 −1/100	+1/300 −1/100	+1/10 −1/3
Fraction IV (45-50 % satur. sulf. amm.).	+1/10	+1/50 −1/30	+1/10
Fraction V (50-66 % satur. sulf. amm.).	+1/10	+1/10	+1/10
Sérum bœuf normal.........	+1/300 −1/100	+1/3000 −1/1000	+1/50 −1/30
Fraction I................	+1/50 −1/30	+1/300 −1/100	+1/30 −1/10
» II...............	+1/300 −1/100	+1/300 −1/100	+1/50 −1/30
» III..............	+1/10	+1/10	+1/10 −1/3
» IV...............	+1/10	+1/10	+1/3 −1
» V...............	+1/10	+1/10	+1/10 −1/3
Sérum cheval normal........	+1/3000 −1/1000	−1/3000	+1/100 −1/30
Fraction I................	+1/30 −1/10	+1/300 −1/100	+1/10 −1/3
» II...............	+1/30 −1/10	+1/100 −1/30	+1/10 −1/3
» III..............	+1/100 −1/50	+1/300 −1/100	+1/10 −1/3
» IV...............	+1/500 −1/300	+1/800 −1/500	+1/30 −1/10
» V...............	+1/30 −1/10	+1/300 −1/100	+1/3 −1

On constate que :

1° Toute l'activité est contenue dans les pseudoglobulines, quelle que soit l'espèce dont le sérum est étudié.

2° Le facteur responsable de cette activité précipite pour des concentrations variables de sulfate d'ammonium selon les espèces (l'expérience a été faite deux fois pour chaque espèce, sauf en ce qui concerne le pouvoir antidotique qui n'a été bien étudié que dans le sérum de cheval).

3° Avec le sérum humain, l'activité est retrouvée dans la fraction précipitée entre 40 et 45 % de saturation de sulfate d'ammonium, et, à un degré un peu moindre, dans la fraction précipitée entre 33 et 40 % de saturation.

4° Avec le sérum de bœuf, l'activité est retrouvée dans la fraction précipitée entre 33 et 40 % de saturation de sulfate d'ammonium, et, à un taux un peu inférieur, dans la fraction précipitée entre 0 et 33 % de saturation.

5° Avec le sérum de cheval, l'activité est retrouvée au maximum dans la fraction précipitée entre 45 et 50 % de saturation. Elle existe à un degré plus faible dans les fractions précipitées entre 40 et 45 %, et entre 50 et 66 %.

Enfin ont été essayées diverses fractions préparées à partir du plasma humain selon la méthode de Cohn (fractions II, II + III, IV — I et IV — 7, V). Aucune n'était active, ce qui laisse penser que le fractionnement par l'alcool détruit peut-être le facteur étudié.

En conclusion le ou les facteurs responsables des activités antigélatinolytiques, antifibrinolytiques sont liés aux pseudoglobulines et précipitent pour des concentrations diverses de sulfate d'ammonium selon les espèces. Le pouvoir antidotique précipite comme eux dans le sérum de cheval.

(1) *Comptes rendus*, **128**, 1944, p. 895.

(2) *C. R. Acad. Méd.*, **223**, 1946, p. 1078; *Revue d'Immunologie*, **9**, 1946, p. 9; **11**, 1947, p. 5; **12**, 1948, p. 8.

(3) R. Richou, R. Kourilsky et Mme R. Richou, *R. C. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 828; R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie*, **18**, 1954, p. 140; R. Richou, R. Kourilsky et J. Leroux, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2267; R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie*, **19**, 1955, p. 361 et 387.

PARASITOLOGIE. — *Nouveaux essais d'infestation expérimentale de la Ratte par* Trichomonas vaginalis (Donné, 1837). Note de MM. **Raymond Cavier** et **Xavier Mossion**, présentée par M. René Fabre.

L'administration de folliculine en suspension cristalline à des rattes castrées, d'utilisation plus souple que la folliculine en solution huileuse, permet aussi l'installation durable, dans le vagin de ces Rongeurs, de *Trichomonas vaginalis*. Les substances œstrogènes de synthèse utilisées donnent des résultats inconstants.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré que l'administration quotidienne de benzoate d'œstradiol (15 à 20 unités internationales), par voie sous-cutanée, en solution huileuse, à des rattes castrées, permettait d'établir, chez ces Rongeurs, une infestation expérimentale durable des voies génitales par *Trichomonas vaginalis*, parasite strictement adapté à l'espèce humaine. Après cessation de l'administration d'œstrogènes, les flagellés persistent dans le vagin des animaux pendant un temps qui varie de 40 à 76 jours.

En suivant la technique précédemment décrite, nous avons poursuivi nos recherches, d'une part, en utilisant des œstrogènes de synthèse actifs par la voie orale, et, d'autre part, en substituant à l'injection quotidienne de benzoate d'œstradiol, l'injection hebdomadaire ou bimensuelle d'une suspension cristalline de ce dernier produit.

Le protocole de nos expériences, que nous rappelons brièvement, comporte les opérations suivantes :

1° Castration des rattes impubères et vérification de l'efficacité de cette castration;

2° Installation du traitement hormonal et son contrôle cytologique par examen du frottis vaginal;

3° Infestation des animaux ainsi préparés par introduction dans le vagin, pendant trois jours consécutifs, d'une goutte de culture de *T. vaginalis* âgée de 48 h;

4° Contrôle parasitologique effectué tous les quatre jours par prélèvement vaginal; les animaux non infestés sont soumis immédiatement après le contrôle, à une deuxième et éventuellement à une troisième inoculation identique à la première.

Les résultats de ces expériences sont rassemblés dans le tableau ci-après.

Conclusions. — Les meilleurs résultats sont donnés par les suspensions cristallines de benzoate d'œstradiol; une seule injection sous-cutanée de 10 mg tous les 15 jours permet l'installation de *T. vaginalis* dans le vagin des animaux traités; 60 jours après la cessation du traitement hormonal 50 % des rattes sont encore infestées. Les œstrogènes de synthèse, administrés par la voie orale fournissent des résultats inférieurs et souvent inconstants.

Des recherches sont en cours, utilisant ce mode d'infestation pour la mise au point d'un test pharmacologique d'essai *in vivo* des médicaments trichomonacides. D'autre part, nous envisageons l'utilisation de cultures pures de *T. vaginalis* pour l'inoculation des rattes, ainsi que l'extension à d'autres espèces animales de ce mode d'infestation.

Essais d'infestations vaginales de la Ratte par Trichomonas vaginalis.

Traitement hormonal.	Nombre d'animaux utilisés.	Nombre d'animaux infestés. 1re inoculation. Contrôles 1er.	2e.	2e inoculation. Contrôles 1er.	2e.	3e inoculation. Contrôles 1er.	2e.	Pourcentage d'animaux infestés au dernier contrôle.
Injections de :								
Benzoate d'œstradiol suspension cristalline :								
Tous les 8 jours (5 mg).	10	5	5	7	6	8	8	80
Tous les 15 jours (10 mg).	10	6	9	10	10	10	10	100
Ingestions journalière de :								
Éthynyl-œstradiol :								
1 µg	10 (*)	0	0	–	–	–	–	–
2 µg	–	–	–	0	0	–	–	–
5 µg	–	–	–	–	–	0	0	0
Hexœstrol :								
2,5 µg	10 (**)	3	–	–	–	–	–	–
5 µg	–	–	–	3	4	–	–	40
10 µg	10	1	2	2	2	–	–	20
Stilbœstrol :								
1 µg	8	2	2	–	–	–	–	25
2 µg	10	0	0	–	–	–	–	0

(*) Après contrôle, la dose d'éthynyl-œstradiol a été portée de 1 à 2 µg, puis de 2 à 5 µg.
(**) Après contrôle, la dose d'hexœstrol a été portée de 2,5 à 5 µg.

(1) R. Cavier et X. Mossion, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2412.

HYGIÈNE DU TRAVAIL. — *Métabolisme de la silice et des silicates, injectés chez l'animal par voie intraveineuse, suivi à l'aide du radiosilicium* ^{31}Si. Note de MM. **Pierre Süe**, **René Michon** et **Jean Mérinis**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Le radiosilicium permet de suivre, pendant plusieurs heures, la distribution chez l'animal d'un composé de Si. La silice reste fixée dans certains organes, principalement dans les poumons et le foie. Le silicate de sodium diffuse assez uniformément et il est excrété par l'urine. Le silicate de calcium, d'abord retenu par les poumons est ensuite éliminé en quantité importante par l'urine.

Le métabolisme du silicium présente en médecine un grand intérêt, en particulier dans l'étude de la silicose, affection pulmonaire due à la silice et qui a déjà fait l'objet de très nombreux travaux. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'employer le radiosilicium, qui malgré sa période courte de 2,62 h, permet une expérimentation de plusieurs heures sur l'animal.

La réaction nucléaire ${}^{30}_{14}Si(d, p)\,{}^{31}_{14}Si$ a une section efficace élevée, ce qui permet d'obtenir des activités importantes en ${}^{31}Si$, et nous avons déjà proposé (¹) d'utiliser cette réaction pour effectuer le microdosage du silicium. Il est en effet possible de déceler aisément 0,1 μg de SiO_2, l'activité spécifique moyenne étant de 500 imp/mn/μg, avec notre dispositif de comptage. Ce radiosilicium, émetteur β^- de 1,47 MeV peut donc être utilisé pour étudier le métabolisme de cet élément, alors qu'il n'est pas possible de le faire — sans risquer des erreurs — par les autres méthodes, puisque la silice est déjà présente normalement dans l'organisme.

Le marquage par un radioélément ne paraît pas ici présenter assez de garanties; en effet, il est à craindre que les silicates auxquels on aurait incorporé par exemple un peu de ${}^{60}Co$, ${}^{192}Ir$, etc., ne se décomposent dans l'organisme.

Nous rapportons les premiers résultats obtenus chez l'animal par injection intraveineuse de silice, de silicates de sodium ou de calcium.

Le radiosilicium est préparé en irradiant pendant 5 h des tiges capillaires de silice, dans le faisceau de deutons du cyclotron du Laboratoire de Physique et Chimie nucléaires du Collège de France.

Pour les essais concernant la silice, les baguettes sont pulvérisées au mortier et passées au tamis 270. Le diamètre moyen des grains est inférieur à 30 μ et la poudre est mise en suspension dans du sérum physiologique.

Le silicate de sodium est préparé en fondant SiO_2 et CO_3Na_2; la masse reprise par l'eau donne une solution de pH 11,5.

	Silice.				Silicate de sodium.				Silicate de calcium.			
Temps de séjour (mn).............	35.	45.	90.	120.	15.	40.	70.	90.	30.	60.	100.	120.
Masse injectée (mg)...	6,2.	2.	9.	4.	1,8.	7,2.	33,6	8.	3,6.	3,8.	4.	2,6.
Poumons........	30	34,5	30	33	9,7	0,7	0,3	0,7	32	26	15	7
Foie.............	22	9	22	16	33	12	2	5	7	8	4	15
Reins............	0,8	0,1	0,3	0,3	41	3	2	2	1,8	0,8	0,7	1
Rate.............	1,4	0,4	1	0,4	–	–	0	–	0,2	0,4	–	0,5
Urine...........	0	0	0	0	5	42	62	39	15	5	25	23

N. B. — Les chiffres dans les viscères représentent le pourcentage de Si par rapport à la quantité injectée.

Le silicate de calcium est précipité en traitant le silicate de sodium par le nitrate de calcium. Séché, calciné et broyé, il est passé au tamis 270 et mis en suspension dans du sérum physiologique.

Les injections des produits sont faites dans la veine marginale de l'oreille du lapin. Le temps de séjour varie de 15 à 120 mn. Après sacrifice, un certain nombre d'organes sont prélevés et un fragment de chaque en est séparé, pesé, calciné et les cendres mesurées au compteur. Les activités sont comparées à celle que donne une quantité connue des produits injectés, d'où est calculée la teneur de l'organe en silicium; toutes les activités sont ramenées au même instant.

Des données figurant dans le tableau ci-avant et des résultats de notre expérimentation, il est possible de tirer les conclusions suivantes :

La silice, substance chimiquement inerte, injectée par voie intraveineuse, se répartit principalement entre les poumons et le foie où elle reste fixée. Les quantités retrouvées dans les reins sont faibles et 1 g de rate retient deux fois plus de silice qu'un gramme de foie. L'urine n'en renferme pas.

Avec le silicate de sodium, substance soluble, le Si qui se trouve en grandes quantités dans le foie et les reins, 15 mn après l'injection, disparaît peu à peu de ces organes, dans les 2 h qui suivent, alors que la quantité éliminée par l'urine atteint des proportions importantes. D'autre part la distribution dans l'organisme est assez homogène.

Enfin, le silicate de calcium, substance assez inerte, dont la répartition est voisine de celle de la silice aussitôt après l'injection, est éliminé partiellement par l'urine, toutefois plus lentement que le silicate de sodium.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1696; *Congrès International de Médecine légale et du Travail*, Gênes, 1955; *Congrès International de Chimie Pure et Appliquée*, Lisbonne, 1956.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

Sur le rapport, présenté par M. **Gaston Julia**, d'une Commission comprenant avec celui-ci MM. **Armand de Gramont**, **Léon Binet**, **Louis de Broglie**, **Robert Courrier**, **Albert Caquot**, **Paul Lebeau**, **Camille Gutton**, **Arnaud Denjoy**, **Louis Fage**, **Albert Pérard**, **Louis Hackspill**, **Pierre Chevenard**, **Georges Poivilliers**, **Georges Darrieus**, **Maurice Roy**, **Georges Chaudron**, l'Académie, décide d'appuyer l'intervention de l'Association des Professeurs de mathématiques, de l'Union des Physiciens, de l'Union des Naturalistes, en faveur d'une réforme de l'Enseignement scientifique et adopte le vœu suivant qui sera transmis au Gouvernement :

L'Académie des sciences,

émue par la situation très grave que créent, pour l'avenir français, la pénurie croissante d'hommes de science, d'ingénieurs, de techniciens, et la proportion insuffisante des jeunes qui se destinent à une carrière scientifique,

constatant que les diverses disciplines scientifiques ou techniques ont besoin de recruter, non seulement des éléments doués de réelles aptitudes pour les sciences abstraites, spécialement les mathématiques, mais encore, des hommes aptes à l'observation et à l'expérimentation,

ÉMET LE VOEU,

1° que les concours ou examens post-secondaires soient conçus de telle sorte qu'ils permettent de satisfaire à ce double besoin et que ne soient pas, *a priori*, détournés des carrières scientifiques, les jeunes qui ne semblent pas spécialement doués pour les mathématiques;

2° que l'enseignement des sciences dans les établissements secondaires se préoccupe moins de dispenser une instruction détaillée, que de faire acquérir des connaissances durables; qu'il s'efforce d'attirer les élèves vers les sciences, d'éveiller leur vocation et de leur donner une ébauche de formation. en les initiant, dès le jeune âge, à l'observation et à la méthode expérimentale par des exercices pratiques et des exemples caractéristiques; que soient rétablies, dans l'enseignement du deuxième degré, des sections à prédominance scientifique effective;

3° que les initiatives visant à recruter pour l'enseignement un personnel compétent, même sans diplôme, acceptant des élèves, même sans concours, s'efforçant de donner une spécialisation suffisante, soient encouragées et fassent l'objet de réalisations rapides, en présence de l'urgence des besoins.

La séance est levée à 16 h 5 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 5 DÉCEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. Louis FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la séance qui devrait être tenue le lundi 24 décembre et qui, de ce fait, serait renvoyée au mercredi 26, n'aura pas lieu, conformément à la décision de l'Académie de ne plus se réunir entre la fête de Noël et le premier jour de l'an.

La séance de la semaine suivante aura lieu le mercredi 2 janvier au lieu du lundi 31 décembre.

Il en résulte que la séance du lundi 17 décembre sera la dernière de l'année 1956.

GÉOLOGIE. — *Sur les accidents alpins de la bordure orientale du massif de l'Argentera-Mercantour.* Note de M[lle] **Anne Faure-Muret**, MM. **Paul Fallot** et **Edmond Bolelli**.

On sait que la terminaison sud-orientale du massif ancien de l'Argentera-Mercantour comporte au Col de Vei del Bouc un profond synclinal de Trias [1]. Il nous a paru nécessaire d'effectuer dans cette région et dans la Cima dell'Abisso des recherches de part et d'autre de la frontière pour y compléter nos connaissances sur l'extension de ces dislocations alpines.

La Cima dell'Abisso (2 789 m) est formée de gneiss recouvert par un épais Permien qui s'ennoie à l'Est sous le Mésozoïque de la P[ta] Bussaia et du Chiamossero. A l'Ouest, elle est séparée par le Valle del Sabbione du massif cristallophyllien principal qui comporte au Nord du Col de Vei del Bouc une crête allongée vers le Nord, jalonnée par le Mt. d'Ischietto (2 316 m) et la Cima Plisser (2 318 m). Le fond du Haut Valle del Sabbione montre, entre les Gias della Culatta (1896 m) et dell' Adreit (1 642 m), d'importants affleurements de Trias, voire de Jurassique, qui se trouvent ainsi à 900 ou 1000 m en contrebas du gneiss d'alentour.

Le synclinal droit de Vei del Bouc est orienté Ouest-Nord-Ouest-Est-Sud-Est. Large de 150 m au Col même (2 620 m), il mesure près de 800 m de profondeur. Nous n'avons pas étudié sa terminaison occidentale, mais son Werfénien fut observé par l'un de nous (A. F. M.) jusqu'à l'aval du Lac Vei del Bouc où le pli est légèrement déversé au Sud-Ouest. Vers l'Ouest, où le Trias a disparu par érosion, le fond de cet accident est jalonné par une zone d'écrasement du Cristallophyllien qui fut suivie jusque dans le V. di M[e] Colombo. Vers l'Est, le pli pénètre en France près de la borne frontière 170. Son Trias forme la cime de la Garde et se poursuit, par la Valette du Sabion, jusqu'en Valmasque.

Une seconde bande de Trias passe dans le gneiss 200 m au Nord du Col de Vei del Bouc. Laminée, jalonnée par du Werfénien discontinu et des cargneules, elle s'abaisse obliquement depuis la cote 2728 par le pied méridional des escarpements des R[e] dell'Asino, en direction du Gias della Culatta; mais ses parties basses disparaissent sous les éboulis. Pendant au Nord-Nord-Est, elle est surmontée par des migmatites fortement écrasées au contact. Nous ne connaissons pas l'extension exacte de cet accident vers l'Ouest, mais la zone des migmatites écrasées se poursuit au moins jusqu'au versant ouest de la Cima della Valletta.

La masse de gneiss séparant les deux bandes de Trias à hauteur du Col de Vei del Bouc, s'amplifie vers l'Est et atteint aux lacs du Sabion (crête frontière) une largeur d'environ 800 m pour se rétrécir ensuite et s'ennoyer en direction du Sud-Est sous le Trias. A l'Est du Colle del Sabbione, du Werfénien accompagné de cargneules et pendant au Nord-Est se coince sous les migmatites de la Cime du Sabion. La descente sur le V. del Sabbione, malheureusement drapée de moraines et d'éboulis, ne permet pas de vérifier si, comme il semble et comme nous le supposons, le Trias du Col vient rejoindre celui du Gias della Culatta.

Mais il y a plus. Le gneiss de la P[ta] Peirafica-Rocca dell'Abisso forme tout le versant sud-est du Haut V. del Sabbione jusque vers l'altitude de 1900 m. Plus bas, il disparaît sous les éboulis dont il n'émerge qu'en deux roches polies : l'une au Sud-Est du Gias della Valera (1850 m), l'autre non loin de la cote 1820. Cette dernière ne se trouve, en plan, qu'à 100 m et en altitude qu'à 30 m au-dessus du bord méridional du Trias du fond de la vallée, aux alentours de la cote 1820. Bien que les contacts des deux formations ne soient donc pas visibles, la superposition au moins locale du gneiss est vraisemblable.

Le Trias comporte ici un Werfénien inférieur sableux blanc, emballé dans des cargneules et, sur celles-ci, du Trias moyen dolomitique provoquant deux petits éperons 5 à 600 m au Nord-Est du Gias della Culatta. Vers l'aval, les éboulis cachent le Mésozoïque sauf aux abords du torrent qui s'y encastre sur une longueur de 2 500 m. Versant gauche, les éboulis

cachent pareillement les contacts, et, seul, le gneiss règne en tête de leur draperie dont de rares pointements de cargneules émergent vers 1900 m, dans des ravineaux à l'Ouest de la cote 1758.

Cette longue bande de Trias, au fond de la vallée et en contrebas des massifs de gneiss, évoquerait à première vue un chevauchement du Cristallophyllien. Mais considérons le versant oriental. Au Nord-Est du Gias

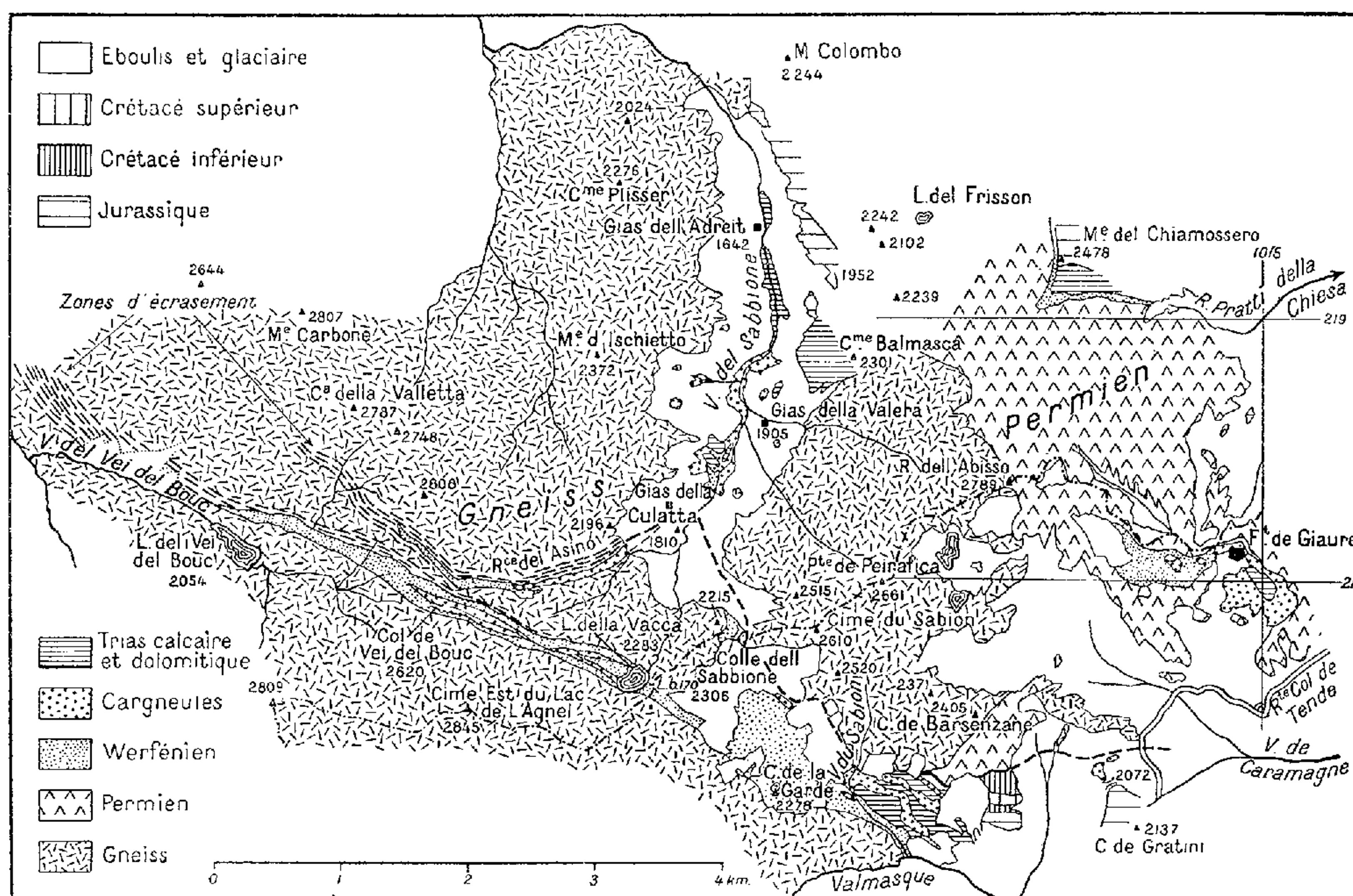


Fig. 1. — Schéma géologique du Haut Valle del Sabbione.

Valera, le gneiss disparaît et la Cima Balmasca (2 300 m) est en calcaires et en dolomies attribuables au Trias. La base de ces formations s'associe par des calcaires atypiques aux cargneules et aux dolomies du fond du ravin. Depuis la Cima Balmasca, les calcaires secondaires dont les falaises dominent le Gias dell'Adreit forment toute la crête jusqu'aux Monts Colombo et Garbella, où ils sont d'ailleurs très disloqués. A l'aval du Gias dell'Adreit, le V. del Sabbione s'incurve vers l'Ouest et pénètre de nouveau dans le gneiss qui affleure dans son versant droit. Mais plus au Nord, dans l'éperon de la Valera, la superposition du Mésozoïque au gneiss et au Permien est certaine, bien que Werfénien et cargneules soient réduits ou supprimés par laminage. Plus au Nord encore, à l'Est du Gias Piainet, les dolomies du Mte Garbella reposent sur la tranche d'une série comportant du Jurassique, du Crétacé et du Nummulitique; malgré des contacts mécaniques désordonnés, tous ces éléments semblent encore appartenir à la couverture du massif ancien. Or, puisqu'ils sont en liaison

avec le Trias du fond du Haut V. del Sabbione, il s'ensuit que celui-ci ne correspond pas simplement à une série indépendante en demi-fenêtre sous le gneiss. Sans doute l'analyse des décollements de l'arête du Passo de la Mena-M[e] Colombo, que le mauvais temps nous a empêchés d'étudier, ainsi que celle de la faille Nord-Est-Sud-Ouest visible à l'Est de la Cima Balmasca permettra-t-elle de préciser la géométrie de ces rapports ambigus.

Ce qui est acquis c'est d'une part l'extension sur 6 km vers le Sud-Est du synclinal de Vei del Bouc, d'autre part la continuation de l'accident oblique et chevauchant des R[e] dell'Asino par le chevauchement, symétrique, du gneiss de la Cime du Sabion sur le Trias du Colle del Sabbione. Plus au Sud-Est le contact anormal se poursuit en France où la série subordonnée se complète de termes jurassiques et crétacés esquissant un synclinal que Cristallophyllien puis Permien dominent et écrasent dans le versant méridional de la Cime de Barsenzane, jusqu'à être en contact avec le Néocomien (1, *fig.* 11).

Le synclinal s'évase pour donner lieu aux gauchissements du Jurassique de la Cime de Gratini.

Plus à l'Est encore, tous les contacts sont cachés par le Glaciaire de Peirefique et de la large vallée de Caramagne. Au Nord de celle-ci règne le Permien de l'arête orientale de la Cima dell'Abisso ; au Sud, une série complète du Malm au Sénonien que montre l'arête des Mts. Buscail et Deveil.

Vers l'aval de Bregatin le Crétacé de la couverture secondaire du Permien de Salante, abaissé vers le Sud, vient affleurer au fond du ravin et l'on ne perçoit plus dans ces formations récentes la trace d'aucun accident profond. Rien ne permet donc de préciser jusqu'où et par où, sous le Glaciaire, se prolonge le contact anormal du Colle del Sabbione.

Mais nous savons qu'à l'amont des Sources de la Roya, au pied des lacets du Col de Tende, affleure une minuscule masse de gneiss, tête d'une lame recoupée sur 200 m par le tunnel de la voie ferrée et qui, accompagnée de cargneules, perce de bas en haut le Sénonien. Cent mètres au Sud de cet affleurement pointe un deuxième paquet de Permien et de Werfénien. Il passe donc là une ou peut-être deux écailles redressées émanant du tréfond.

L'on est tout naturellement amené à comparer ce « coin » de gneiss et son cortège à celui qui sépare le Trias de Vei del Bouc de celui de l'Asino.

Il y a 6 km de l'éperon de Barsenzane au gneiss du tunnel. Si la prolongation formelle de l'un des contacts par l'autre demeure incertaine, du moins sans doute se relaient-ils.

En tous cas les accidents que nous venons de mentionner depuis le Lac de Vei del Bouc montrent que, sur une longueur de 12 à 15 km,

le tréfond ancien a été fortement affecté par l'orogénie tertiaire. Il est impossible de chiffrer le rétrécissement qui en est résulté, mais en se basant sur la profondeur du synclinal de Vei del Bouc et l'allure de l'accident de l'Asino, l'on peut estimer qu'il fut au moins de 5 à 6 km.

A Vei del Bouc et dans le Haut Sabbione, seul le Trias inférieur et moyen est impliqué dans les imbrications du gneiss. Au versant droit du Moyen Sabbione (Ca Balmasca-Me Garbella) cargneules et termes plus élevés, désolidarisés de leur substratum, ont leur tectonique propre. L'allure mal ordonnée tant de leurs accidents que de ceux de leur socle appelle de nouvelles recherches, mais laisse penser que les divers éléments structuraux de cette région ont dû évoluer de façon relativement indépendante, après la naissance de l'accident chevauchant majeur Re dell' Asino-Colle del Sabbione-Cime de Barsenzane.

Ces dislocations tertiaires affectant le Cristallophyllien sont les plus importantes qui aient été révélées jusqu'ici dans l'Argentera-Mercantour. L'on ne peut préciser encore dans quelle mesure elles sont résultées de l'avance du Pennique qui, vers Limone, à 10 km au Nord-Est, amorce le débordement du massif ancien.

(1) A. Faure-Muret et P. Fallot, *Bull. Serv. C. géol. Fr.*, n° 241, 52, 1954, p. 283-318.

Les Ouvrages suivants sont adressés en hommage à l'Académie :

par M. **Pol Swings**, une série de tirages à part de ses travaux d'Astronomie ;

par M. **Henri Besairie** : 1° *La Carte géologique de Madagascar* et la *Carte minière et des indices de Madagascar*, chacune en 13 feuilles à l'échelle du 1/500 000e ; 2° *Le système crétacé à Madagascar*, en collaboration avec M. M. Collignon ; 3° *Notes posthumes, minéralogie, pétrographie, Madagascar*, par Alfred Lacroix.

RENOUVELLEMENT ANNUEL DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Paul Montel** est élu vice-président pour l'année 1957 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Albert Caquot** et **Gabriel Bertrand** sont réélus Membres des Commissions administratives par l'unanimité des suffrages exprimés.

NOMINATIONS.

A l'unanimité des suffrages exprimés, MM. **Marcel Délépine** et **Paul Lebeau** sont réélus Membres de la Commission du Contrôle de la circulation monétaire pour une période de trois ans.

M. **Paul Montel** est désigné pour représenter l'Académie au Comité de direction de la **Caisse nationale des Lettres**.

CORRESPONDANCE.

M. **Henri Simonnet** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*.

L'Académie est informée d'une « **International Conference on Scientific Information** », qui se tiendra à Washington en 1958.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Polska Akademia Nauk. *Marceli Nencki. Materialy biograficzne i bibliograficzne*, opracowaly Aniela Szwejcerowa i Jadwiga Groszynska ;

2° *Influence des facteurs climatiques sur l'érosion du sol. Estimation des transports solides effectués en suspension par les cours d'eau*, par Frédéric Fournier ;

3° *Floræ Vallesiacæ Supplementum. Supplement zu Henri Jaccards Catalogue de la Flore valaisanne*, unter Benützung eines von Jaccard nachgelassenen Manuskriptes bearbeitet von Alfred Becherer ;

4° VIe Congrès international de la science du sol. Paris, 1956. *Extrait des rapports présentés au Congrès* ;

5° Académie des Sciences de l'U. R. S. S. *Pribory i tekhnika eksperimenta*, n° 1, 1956 ;

6° Id. *Rol' Akademii naouk v istoritcheskom razvitii organitcheskoï khimii*, par N. D. Zelinskiï ;

7° *L'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques*. Actes de la Conférence internationale de Genève, août 1955. Volume XI : *Effets biologiques des rayonnements* ;

8° Observatoire Royal de Belgique. Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège. *Le spectre solaire de 2,8 A 23,7 microns*. Première partie : *Atlas photométrique*, par M. Migeotte, L. Neven et J. Swensson.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Construction et propriétés de certains ensembles de points sur le plan hyperbolique ou sur la droite projective.* Note (*) de M. **Tullio Viola**, transmise par M. Waclaw Sierpiński.

Compléments sur une question relative aux ensembles bidimensionnels de points (en géométrie hyperbolique), inspirée par un problème posé par M. W. Sierpiński.

1. J'ai construit récemment (¹), sur le plan hyperbolique, *un ensemble dénombrable* $E \equiv (z_1, z_2, \ldots)$ *de points, congruent à toute différence obtenue en ôtant de* E *un point quelconque de* E : $E \simeq E - (z_r)$ *pour tout* $r = 1, 2, \ldots$ (²). Je rappelle que E se construit par récurrence, sur le demi-plan $I(z) > 0$ avec $z = x + iy$, en partant d'un point z_1 et d'un nombre *réel* et *transcendant* λ_1, algébriquement indépendants l'un de l'autre, mais tous deux, du reste, arbitraires. Si, pour une valeur quelconque de l'indice $r = 1, 2, \ldots$, les points $z_1, z_2, \ldots, z_r$ et les nombres réels et transcendants $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_r$ sont supposés connus, on détermine d'abord z_{r+1} et l'on choisit ensuite un nouveau nombre λ_{r+1} tout à fait arbitraire pourvu qu'il soit *réel*, *transcendant* et *algébriquement indépendant* des $2r+1$ nombres $z_1, z_2, \ldots, z_{r+1}, \lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_r$. Pour déterminer les points z_{r+p} $(p = 1, 2, \ldots)$, la transformation linéaire

$$z' = \varphi_r z = \frac{\lambda_r z + (\lambda_r^2 - 1)}{z + \lambda_r}, \tag{1}$$

dont l'image géométrique est un *mouvement de première espèce* du demi-plan sur lui-même (elliptique si $\lambda_r < 1$, hyperbolique si $\lambda_r > 1$), doit être appliquée (³). Il résulte, en tout cas, $\varphi_r E = E - (z_r)$.

2. En poursuivant mes recherches, j'ai trouvé que la construction de E peut être précisée de façon que : *a'. si les mouvements* $\varphi_r (r = 1, 2, \ldots)$ *ne sont pas tous hyperboliques, l'ensemble* E *est dense partout sur le demi-plan; b. si les limitations*

$$\lambda_1 > 1, \qquad \lambda_r > \lambda_{r-1} + 2 \quad \text{pour tout } r = 2, 3, \ldots \tag{2}$$

sont vérifiées, tout domaine borné du demi-plan contient au plus un nombre fini de points de E.

3. Si le point z_1 de départ de la construction de E est supposé réel (au lieu d'être contenu dans le demi-plan), la théorie précédente reste valable, mais : 1° E est entièrement formé de points de l'axe des x; 2° les formules (1) représentent des *projectivités de l'axe des* x *en lui-même, conservant l'ordre, elliptiques si* $\lambda_r < 1$, *hyperboliques si* $\lambda_r > 1$, *à points limites* $\pm\lambda_r$. J'ai trouvé que : *a'. si les projectivités* $\varphi_r (r = 1, 2, \ldots)$ *ne sont pas toutes hyperboliques, l'ensemble* E *est dense partout sur l'axe des* x*; b'. si les limitations* (2) *sont vérifiées, l'ensemble* E *est partout non dense sur l'axe des* x.

4. Même *si* U *est un ensemble fini quelconque contenu en* E, *il est toujours possible de trouver un mouvement de première espèce* [respectivement : *une projectivité*] ψ_U, *tel que* $\psi_U E = E - U$ ([4]). Mais E ne semble pas satisfaire à une telle propriété, si U est infini. Cette exception m'a suggéré le problème :

Un nombre transfini $\alpha \geqq \omega$ *de deuxième classe étant arbitrairement donné, construire sur le demi-plan* $I(z) > 0$ [respectivement : *sur l'axe des* x] *un ensemble dénombrable* E_α *de points, contenant une suite transfinie* $z_0, z_1, z_2, \ldots, z_{\alpha'}, \ldots$ *(avec* $1 \leqq \alpha' < \alpha$*), de façon que, quel que soit l'indice* $\alpha' < \alpha$*, l'on ait*

$$E_\alpha \simeq E_\alpha - \sum_{0 \leqq \xi < \alpha'} (z_\xi) \qquad (3)$$ ([5]).

J'expose la solution de ce problème par exemple dans le cas $\alpha = \omega^2$ ([6]). Choisissons trois nombres z_0 (sur le demi-plan [respectivement : sur l'axe des x]), λ et μ (réels et transcendants), algébriquement indépendants, mais du reste arbitraires, et considérons les deux mouvements du demi-plan [respectivement : les deux projectivités de l'axe des x]

$$z' = \varphi z = \frac{\lambda z + (\lambda^2 - 1)}{z + \lambda}, \qquad z' = \psi z = \frac{\mu z + (\mu^2 - 1)}{z + \mu}.$$

Soit E_α l'ensemble dénombrable formé par les points :

$$\begin{array}{rl}
z_0, & \psi^k z_0, \\
\varphi^h z_0, & \psi^k \varphi^h z_0, \\
\varphi^i \psi^k z_0, & \psi^j \varphi^i \psi^k z_0, \\
\varphi^i \psi^k \varphi^h z_0, & \psi^j \varphi^i \psi^k \varphi^h z_0, \\
\varphi^{i'} \psi^j \varphi^i \psi^k z_0, & \psi^{j'} \varphi^{i'} \psi^j \varphi^i \psi^k z_0, \\
\varphi^{i'} \psi^j \varphi^i \psi^k \varphi^h z_0, & \psi^{j'} \varphi^{i'} \psi^j \varphi^i \psi^k \varphi^h z_0, \\
\varphi^{i''} \psi^{j'} \varphi^{i'} \psi^j \varphi^i \psi^k z_0, & \psi^{j''} \varphi^{i''} \psi^{j'} \varphi^{i'} \psi^j \varphi^i \psi^k z_0, \\
\ldots\ldots\ldots\ldots, & \ldots\ldots\ldots\ldots
\end{array}$$

(avec $h, k = 1, 2, \ldots; i, i', i'', \ldots, j, j', j'', \ldots = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$). On démontre, suivant *loc. cit.* dans la note ([1]), n° 5, que les points de E sont tous distincts, et ensuite que

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l}
\varphi^h E_\alpha = E_\alpha - \sum_{h'}^{0, h-1} (\varphi^{h'} z_0), \qquad \psi^k E_\alpha = E_\alpha - \sum_{k'}^{0, k-1} \sum_{h'}^{0, \infty} (\psi^{k'} \varphi^{h'} z_0), \\
\psi^k \varphi^h E_\alpha = E_\alpha - \sum_{k'}^{0, k-1} \sum_{h'}^{0, \infty} (\psi^{k'} \varphi^{h'} z_0) - \sum_{h'}^{0, h-1} (\psi^k \varphi^{h'} z_0).
\end{array} \right.$$

Par conséquent notre problème est résolu si l'on pose $z_h = \varphi^h z_0$, $z_{k\omega} = \psi^k z_0$, $z_{k\omega+h} = \psi^k \varphi^h z_0$, les relations (4) étant respectivement équivalentes aux

suivantes :

$$\varphi^h E_\alpha = E_\alpha - \sum_{0 \leq \xi < h} (z_\xi), \qquad \psi^k E_\alpha = E_\alpha - \sum_{0 \leq \xi < k\omega} (z_\xi),$$

$$\psi^k \varphi^h E_\alpha = E_\alpha - \sum_{0 \leq \xi < k\omega + h} (z_\xi)$$

et pouvant donc être résumées dans l'unique (3) (7).

La construction analogue sur le plan euclidien (φ et ψ, mouvements euclidiens) est mise en défaut par un théorème de M. W. Sierpiński (8). Si l'on pose en effet $\varphi_1 = \psi^{-k}$, $\varphi_2 = \varphi^{-h}$ (h, k étant deux nombres naturels arbitraires), l'identité

$$\varphi_1 \varphi_2^2 \varphi_1^{-1} \varphi_2^{-1} \varphi_1 \varphi_2^{-1} \varphi_1^{-1} \varphi_2^2 \varphi_1 \varphi_2^{-1} \varphi_1^{-1} \varphi_2^{-1} = 1$$

démontrée par l'auteur, devient

$$\psi^{-k} \varphi^{-2h} \psi^k \varphi^h \psi^{-k} \varphi^h \psi^k \varphi^{-2h} \psi^{-k} \varphi^h \psi^k \varphi^h = 1,$$

montrant ainsi que les points de E_α, sur le plan euclidien, ne sont pas tous distincts.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) T. Viola, *Rendic. Accad. Naz. Lincei*, 8e série, **20**, 1956, p. 290-293 et 431-438.

(2) Problème proposé, dans le plan euclidien, par M. W. Sierpińsky. *Loc. cit.* dans la note (1) donne quelques renvois bibliographiques sur ce sujet.

(3) Je suppose, pour fixer les idées, $\lambda_r > 0$ pour tout $r = 1, 2, \ldots$.

(4) Et ceci en $n!$ au moins manières différentes, si n est le nombre de points de U. Cette propriété et celles des nos **2** et **3** seront démontrées dans un autre recueil.

(5) Le signe $\simeq$ signifie : « *congruent à* » [respectivement : « *projectif à* »]. On demande plus précisément que E_α contienne un certain sous-ensemble U transfiniment ordonnable jusqu'à l'indice α, de façon qu'il soit possible, par un nombre fini de mouvements successifs [respectivement : de projectivités successives] [du type (1)], d'ôter de E_α un segment initial arbitrairement donné de U. Je n'ai pas trouvé la solution de ce problème sur le plan euclidien.

(6) Donc $\alpha' = h'\omega + k'$, avec h' et k' entiers ≥ 0 et $h' + k > 0$. La solution ici donnée est évidemment valable aussi pour $\alpha < \omega^2$. La généralisation au cas $\alpha > \omega^2$ présente seulement quelques difficultés formelles.

(7) On a évidemment $\psi^k E_\alpha = \lim_{h \to \infty} \psi^{k-1} \varphi^h E_\alpha$, la limite étant calculée suivant Borel et de la Vallée Poussin.

(8) *Fund. Math.*, **41**, 1954, théor. I.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les G-structures complexes*. Note (*) de M. **Daniel Bernard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Définition des G-structures complexes ; équivalence, réductibilité ; automorphismes locaux. Les invariants mis en évidence dans le cas réel par Chern proviennent d'un « tenseur de structure » défini ici dans les cas réel et complexe, et qui généralise le tenseur de torsion d'une structure presque complexe.

1. Soient V_n une variété différentiable de classe C^s ($s = 2, \ldots, \infty, \omega$), $C(V_n)$ [resp. $E(V_n)$] l'espace fibré principal des repères complexes (resp. réels) de V_n (¹) : c'est un fibré différentiable de classe C^{s-1}. Soit G un sous-groupe fermé de $Gl(n, C)$ [resp. de $Gl(n, R)$]. *Une G-structure complexe (resp. réelle) sur V_n de classe C^r ($r \leq s-1$) est la structure S définie sur V_n par la donnée d'un G-sous-espace fibré principal différentiable de classe C^r, soit H(S), de $C(V_n)$ [resp. $E(V_n)$]* (²). $z \in H(S)$ est un repère *distingué* de S.

Une telle structure peut être déterminée soit par un ensemble $\{U_\alpha, R_\alpha\}$ où $\{U_\alpha\}$ est un recouvrement ouvert de V_n et R_α une section locale C^r de $C(V_n)$ [resp. $E(V_n)$] au-dessus de U_α, avec, pour $x \in U_\alpha \cap U_\beta$, $R^x_\beta = R^x_\alpha . g^{(x)}_{\alpha\beta}$, $g_{\alpha\beta}$ étant une fonction C^r sur $U_\alpha \cap U_\beta$ à valeurs dans G, soit par l'ensemble $\{U_\alpha, \theta^\alpha\}$ où θ^α est la 1-forme vectorielle sur U_α dont la restriction θ^α_x à T^c_x (resp. T_x) est le corepère dual de R^α_x, de sorte que, pour $x \in U_\alpha \cap U_\beta$, $\theta^\alpha_x = g_{\alpha\beta}(x) . \theta^\beta_x$.

Une G-structure réelle S détermine canoniquement une G-structure complexe S^c de même classe, (forme complexe de S). Inversement, une G-structure complexe S telle que $H(S) \subset E(V_n)$ détermine une G-structure réelle de même classe : on dira par abus de langage, que S est réelle.

Une G'-structure S' est dite *équivalente* à S s'il existe $l \in Gl(n, C)$ tel que $H(S') = H(S) . l$ (on notera $S' = S . l$) : alors $G' = l^{-1} Gl$. S'il existe l tel que $S . l$ soit réelle, nous dirons que S est *équivalente au réel.* Une G-structure S est *réductible à une G'-structure* S' de même classe si $H(S') \subset H(S)$, ce qui entraîne $G' \subset G$. Si S est réductible à une S' réelle, nous dirons que S *est réductible au réel* : pour cela, il faut et suffit que $H(S) \cap E(V_n)$ soit un s. e. f. p. de $E(V_n)$. De (²) on déduit :

PROPOSITION 1. — *Pour qu'une G-structure S soit réductible au réel, il faut que S admette, pour tout $x \in V_n$, un repère distingué réel. Cette condition est suffisante si le couple $Gl(n, R)$, G est un couple générique* (²) *de sous-groupes de $Gl(n, C)$, en particulier si G est compact.*

2. V_n étant munie d'une G-structure S et φ étant une application C^{r+1} de W_n dans V_n partout de rang n, on définit d'une façon naturelle le prolongement $\tilde{\varphi}$ de φ à $C(W_n)$ et l'image réciproque $\varphi^\star S$ de S par φ, G-structure sur W_n de classe C^r. On peut alors définir les isomorphismes et isomorphismes locaux de deux G-structures S et S', les automorphismes et les automorphismes locaux de S : l'ensemble $\Gamma(S)$ de ces automorphismes locaux est un pseudogroupe de transformations de V_n. Si pour tout couple z_1, z_2 de repères distingués de S il existe $\varphi \in \Gamma(S)$ tel que $\tilde{\varphi}(z_1) = z_2$, S est localement homogène et isotrope : *une G-structure complexe, localement homogène et isotrope est équivalente au réel.* Si S' est équivalente à S, alors $\Gamma(S') = \Gamma(S)$; on établit la réciproque partielle suivante dont le théorème I de (³) est un cas particulier :

PROPOSITION 2. — *Soient S (resp S') une G (resp G')-structure sur V_n, admettant les mêmes automorphismes locaux. Si S est localement homogène et isotrope : a. G' contient un groupe conjugué de G : $l^{-1} Gl$; b. S' est réductible à la structure*

S. l équivalente à S : c. si S′ est aussi localement homogène et isotrope, S′ est équivalente à S.

Corollaire. — *Si* Γ(S) *est un pseudogroupe de Lie du premier ordre* ([4]), S *est réductible à une structure équivalente au réel.*

3. Dans ce paragraphe, si S est une G-structure réelle (resp. complexe), K désigne le corps des réels (resp. des complexes). Soient p la projection de H(S) sur V_n, φ_α la carte $(x, y) \rightarrow R_\alpha^x . y$ de $U_\alpha \times G$ sur $V_\alpha = p^{-1}(U_\alpha)$. Soient ω la 1-forme vectorielle sur H(S) à valeurs dans K^n déterminé ([5]) par les formes locales θ^α à valeurs dans K^n associées aux sections locales R_α et ω^j $(j = 1, 2, \ldots, n)$ ses composantes dans la base canonique de K^n.

$y^{-1}.d\theta_\alpha$ est une 2-forme vectorielle sur $U_\alpha \times G$ à valeurs dans K^n : soit $\Omega_\alpha = (\varphi_\alpha^{-1})^* (y^{-1}.d\theta_\alpha)$: c'est une 2-forme vectorielle sur V_α dont le tenseur canoniquement associé C_α à valeurs dans $P = K^n \otimes \overset{2}{\wedge} (K^n)^*$ a pour composantes, dans la base canonique de P, $C_{\alpha, jk}^{\;i} = - C_{\alpha, kj}^{\;i}$ définies par

$$(\Omega_\alpha)^i = \frac{1}{2} C_{\alpha, jk}^{\;i} \omega^j \wedge \omega^k.$$

C_α est un tenseur sur V_α de type $\mathcal{R}(G)$ ([5]) où $\mathcal{R}$ est la représentation linéaire de G dans P définie par $\mathcal{R}(g) = g^{-1} \otimes \overset{2}{\wedge} g$. Soient $\varepsilon_\rho = (a_{j\rho}^i)$ $(\rho = 1, \ldots, r)$ une base de l'algèbre de Lie G de G (base sur R si K = R; sur R ou C suivant que G est un groupe de Lie réel ou complexe si K = C) et A l'application linéaire de $N = K^r \otimes K_n^*$ dans P définie par $A_{jk}^i(\xi) = a_{j\rho}^i \xi_k^\rho - a_{k\rho}^i \xi_j^\rho$ (ξ_k^ρ coordonnées de $\xi \in N$ dans la base canonique). Dans $V_\alpha \cap V_\beta$, la relation qui lie C_α et C_β est

$$(1) \qquad C_\beta(z) = C_\alpha(z) + A[\lambda_{\alpha\beta}(z)],$$

où $\lambda_{\alpha\beta}$ est une fonction sur $V_\alpha \cap V_\beta$ à valeurs dans N. $V = A(N)$ est un sous-espace vectoriel de P, indépendant de la base utilisée dans G, et *invariant par* $\mathcal{R}(G)$. La relation (1) exprime que la classe de $C_\alpha(z)$ dans $M = P/V$ est indépendante de α : soit $C(z)$ cette classe. C est une fonction sur H(S) à valeurs dans M. V étant invariant par $\mathcal{R}(G)$, $\mathcal{R}$ induit une représentation linéaire ρ de G dans M, et l'on a $C(z.g) = \rho(g^{-1}).\, C(z)$:

Théorème. — *Au sous-groupe* $G \subset Gl(n, K)$ *est canoniquement associé l'espace vectoriel* M *et la représentation linéaire* ρ *de* G *dans* M. *Pour toute* G*-structure* S *sur une variété* V_n *se trouve défini un tenseur sur* H(S) *à valeurs dans* M *de type* $\rho(G)$: *le tenseur de structure de* S.

Soit B un sous-ensemble de la base canonique de P qui engendre un supplémentaire W de V et soient $C_{jk}^i(z)$, $\binom{i}{jk} \in J$ (J ensemble d'indices correspondant à B), les composantes sur B de la projection naturelle de $C(z) \in P/V$ sur W. Pour S réelle, on retrouve les *invariants* de la structure tels qu'ils ont été définis par Chern ([6]). Pour S complexe comme pour S réelle, on a

dans V_α :

$$d\omega^i = \Pi_{\alpha,}{}^i{}_j \wedge \omega^j + \frac{1}{2} \sum_{\binom{i}{jk} \in J} |C^i_{jk}\, \omega^j \wedge \omega^k,$$

où $\Pi_\alpha = (\Pi_{\alpha,}{}^i{}_j)$ est une 1-forme sur V_α à valeurs dans G.

Pour S complexe, G étant un groupe de Lie complexe, on obtient le même tenseur de structure, que l'on considère G comme groupe de Lie complexe ou réel. Pour S réelle, le tenseur de structure de S et celui de sa forme complexe S^c prennent leurs valeurs respectivement dans un espace vectoriel M sur R et dans un espace vectoriel M_C sur C; M_C est canoniquement muni d'une structure d'espace vectoriel complexe (7) et M s'identifie à son espace vectoriel réel : cette identification faite, S et S^C ont même tenseur de structure.

Exemples. — 1° $n = 2m$, G = représentation réelle de $Gl(m, C)$: S est une structure presque complexe et le tenseur de structure de S n'est autre que le tenseur de torsion presque complexe, dont le caractère tensoriel n'apparaît que comme un cas particulier.

2° $n = n_1 + n_2$, $G = \left\{ \begin{pmatrix} g_1 & 0 \\ 0 & g_2 \end{pmatrix} \right\} g_i \in Gl(n_i, C)\ (i = 1, 2)$; S est une structure presque produit complexe, et l'on retrouve le tenseur de torsion défini par G. Legrand (8).

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) A. Lichnérowicz, *Théorie globale des connexions et des groupes d'holonomie*, 1955, p. 13-233.

(2) D. Bernard, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1714.

(3) D. Bernard, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1263.

(4) Y. Matsushima, *Pseudogroupes de Lie transitifs*, Séminaire Bourbaki, 1955, polycopié.

(5) A. Lichnérowicz, *Loc. cit.*, p. 66.

(6) S. S. Chern, *Géométrie différentielle*, (coll. int. du C. N. R. S.), Strasbourg, 1953, p. 119-135,

(7) A. Lichnérowicz, *Loc. cit.*, p. 201.

(8) G. Legrand, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 335.

MÉCANIQUE. — *Vibrations non linéaires : Action asynchrone, cas du phénomène Bethenod.* Note de M. **Robert Faure**, présentée par M. Louis de Broglie.

On établit dans cette Note les conditions d'existence d'une solution périodique de même période que l'excitation pour le système des deux équations du phénomène Bethenod; on indique que cette solution existe soit que l'amplitude de l'excitation soit suffisamment petite, soit que la fréquence soit suffisamment grande.

Les équations différentielles du phénomène Bethenod (I) sont les suivantes :

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} (1) & L'(\theta)\theta' i + L(\theta) i' + Z i = e(t), \\ (2) & \mathcal{J}\theta'' + D\theta' + C\theta = L'(\theta)\dfrac{i^2}{2}, \end{cases}$$

$L(\theta)$ est fonction analytique de θ, $L(\theta) = L_0 + H(\theta)$,

$$H(\theta) = L_1\theta + L_2\theta^2 + \ldots + L_n\theta^n + \ldots$$

avec

$$|\theta| < R, \qquad A(X) = \Sigma A_n X^n, \qquad A_n = |L_n|;$$

L_0, $\mathcal{J}$, D, C, Z, constantes, sont positives, les L_i sont des constantes; $e(t)$ une fonction périodique, de période T, ω sa pulsation

$$\omega T = 2\pi, \qquad e(t) = \Sigma \alpha_p e^{pi\omega t}, \qquad \Sigma|\alpha_p| = \eta < \infty; \qquad \text{avec} \quad \alpha_0 = 0.$$

Nous allons établir les conditions d'existence d'une solution périodique par l'intermédiaire d'une récurrence. Nous définissons une double suite i_n, θ_n de fonctions de la manière suivante :

elles satisfont au système d'équations différentielles

$$(3) \qquad L_0 i'_n + Z i_n = e(t) - H'(\theta_{n-1})\theta'_{n-1} i_{n-1} - H(\theta_{n-1}) i'_{n-1} - F_n(t),$$

$$(4) \qquad \mathcal{J}\theta''_n + D\theta'_n + C\theta_n = H'(\theta_{n-1})\frac{i^2_{n-1}}{2} = G_n(t).$$

L'ensemble des fonctions i_n, i_{n-1}, i'_n, i'_{n-1}, θ_n, θ'_n, θ''_n, θ_{n-1}, θ'_{n-1} intervenant dans ce système appartiennent à l'espace de Banach (B) défini par les $e^{ni\omega t}$ toutes sont normées dans (B) la norme dans (B) d'une fonction $X(t)$,

$$X(t) = \sum X_n e^{ni\omega t} \qquad \text{est} \quad \|X(t)\| = \sum |X_n| < \infty.$$

Si les fonctions i_n, θ_n tendent vers des limites i et θ dans (B) celles-ci satisfont au système initial (1) et sont périodiques de période T.

Vu les hypothèses précédentes, en intégrant (3) entre o et T, on a

$$(5) \qquad \int_0^T i_n\, dt = 0, \qquad \text{d'où} \qquad \omega\|i_n\| < \|i'_n\|,$$

de (3) et (4) on tire pourvu que $\|\theta_{n-1}\| < R$,

$$(6) \quad \begin{cases} i_n = T_1 F_n(t) = \Sigma t_{1p} f_{n,p}\, e^{pi\omega t}, & i_n = T_2 F_n(t) = \Sigma t_{2p} f_{n,p}\, e^{pi\omega t}, \\ F_n = \Sigma f_{n,p}\, e^{pi\omega t}, & G_n = \Sigma g_{n,p}\, e^{pi\omega t},\ \|F_n\| < \infty,\ \|G_n\| < \infty, \\ \theta_n = S_1 G_n(t) = \Sigma s_{1p} g_{n,p}\, e^{pi\omega t}, & \theta'_n = S_2 G_n(t) = \Sigma s_{2p} g_{n,p}\, e^{pi\omega t}; \end{cases}$$

avec

$$t_{1p} = \frac{1}{L_0 p\omega i + Z}, \qquad t_{2p} = \frac{p\omega i}{L_0 p\omega i + Z};$$

$$s_{1p} = \frac{1}{-\mathcal{J}p^2\omega^2 + Dp\omega i + C}, \qquad s_{2p} = \frac{p\omega i}{-\mathcal{J}p^2\omega^2 + Dp\omega i + C};$$

ρ, σ, σ' étant les bornes supérieures précises des $|t_{2p}|$, $|s_{1p}|$, $|s_{2p}|$ avec $\rho = 1/L_0$, $\sigma = \sigma(\omega)$, $\sigma' = \sigma'(\omega)$ et vu (5) on montre que la suite des fonctions i_n, i'_n, θ_n, θ'_n

sera bornée dans (B) par l, ωl, M, N si l'on a

$$\rho\eta + \rho A' l N + \rho A \omega l - \omega l \leqq 0, \tag{7}$$

$$\frac{\sigma}{2} A' l^2 - M \leqq 0, \tag{8}$$

$$\frac{\sigma'}{2} A' l^2 - N \leqq 0 \tag{9}$$

en désignant par A, A′, A″ les dérivées de A(M) par rapport à M, on montre à partir de (6) qu'on a

$$\begin{aligned} \| i'_{n+1} - i'_n \| \leqq \rho \Big[& (A'\omega l + A'' l N) \| \theta_n - \theta_{n-1} \| \\ & + A' l \| \theta'_n - \theta'_{n-1} \| + \left(\frac{A' N}{\omega} + A \right) \| i'_n - i'_{n-1} \| \Big], \end{aligned} \tag{10}$$

$$\| \theta'_{n+1} - \theta'_n \| \leqq \sigma' \left(\frac{A'' l^2}{2} \| \theta_n - \theta_{n-1} \| + \frac{A' l}{\omega} \| i'_n - i'_{n-1} \| \right), \tag{11}$$

$$\| \theta_{n+1} - \theta_n \| \leqq \sigma \frac{A'' l^2}{2} \| \theta_n - \theta_{n-1} \| + \frac{A' l}{\omega} \| i'_n - i'_{n-1} \| \Big), \tag{12}$$

en écrivant que les racines de l'équation du troisième degré, équation caractéristique correspondant à la transformation et obtenue en remplaçant les inégalités (10), (11), (12) par des égalités sont inférieures en module à 1 (racines d'ailleurs réelles) ce qui assure la convergence de la suite, on a

$$\sigma A'' \frac{l^2}{2} + \rho \left(A' \frac{N}{\omega} + A \right) < 2. \tag{13}$$

$$1 - \sigma A'' \frac{l^2}{2} - \rho \left(A' \frac{N}{\omega} + A \right) + \rho\sigma l^2 \left(\frac{AA''}{2} - A'^2 - M \frac{A'A''}{2\omega} \right) - \rho\sigma \frac{A'^2}{\omega} l^2 > 0 \tag{14}$$

les conditions d'existence de la solution sont les conditions de compatibilité de système des cinq inégalités (7), (8), (9), (13), (14).

On peut toujours satisfaire à ce système lorsque ω est suffisamment grand σ et σ' tendant vers zéro quand $\omega \to \infty$, ou lorsque $\| e(t) \|$ est suffisamment petit. Les normes de i, θ, θ' solution des équations (1) et (2) tendent vers zéro avec η ou $1/\omega$.

Théorème. — *Pour le système d'équation* (I) *ou* $e(t)$ *est périodique développable en série de Fourier absolument convergente.*

$$e(t) = \sum \alpha_n e^{ni\omega t}, \qquad \alpha_0 = 0 \quad \sum |\alpha_n| < \infty, \qquad e(t) = e(t + T), \qquad \| e(t) \| = \sum |\alpha_n|.$$

Il existe un système de solutions périodiques de période T pourvu que $\| e(t) \|$ soit suffisamment petit, quel que soit $\| e(t) \|$ la solution existe toujours pourvu que ω soit suffisamment grand. Les normes de i, θ, θ' solution de (I) tendent vers zéro avec $1/\omega$ ou η.

On peut remarquer que si η tend vers zéro par exemple en prenant $e(t) = \lambda E(t)$, $\lambda \to 0$ la stabilité du système est donnée par le système d'équations $J\theta'' + C\theta' + D\theta = 0$, $L_0 i' + Z i = 0$.
Il y a stabilité de même si $\omega \to \infty$.

AÉRODYNAMIQUE DES TURBOMACHINES. — *Sur une représentation non linéarisée du champ aérodynamique induit par le décollement tournant dans une grille axiale.* Note de MM. **Jean Fabri** et **Lucien Jarlan**, transmise par M. Maurice Roy.

1. Une Note précédente (¹) a développé le calcul des caractéristiques cinématiques du décollement tournant dans une grille de compresseur par une méthode de petites perturbations, linéarisant les expressions quadratiques par rapport aux vitesses induites, ainsi que les éléments rotationnels engendrés dans le milieu aval par le décollement. Ce schéma peut être considéré comme valable lorsque, augmentant progressivement l'incidence des profils en écoulement uniforme (par exemple par vannage du débit), on déclenche sur la grille la propagation d'une série de zones de décollement infiniment petites; pour des incidences moyennes encore supérieures, ces zones s'étendent et viennent à occuper une fraction ν importante de la grille; il est clair que les conditions de la linéarisation ne sont plus satisfaisantes et que le schéma doit être transposé sur un modèle non linéaire.

Gardant leur signification aux notations principales (U, V, W, α, α_*, $\hat{\alpha}$, ν, θ, P, p, ρ) de la Note citée, nous désignons cette fois par (w, v), en un point quelconque du plan, le champ de vitesse du mouvement (D) relatif au décollement. A l'amont de la grille, ce champ, harmonique, provient du mouvement asymptotique uniforme (W, V), et prend sur la grille des valeurs (w_0, v_0).

2. Nous avons observé, dans le calcul du champ des vitesses induites par le décollement tournant à son apparition, *la saturation des incidences* (R) *à leur valeur critique* $\hat{\alpha}$ dans les parties non décollées de la grille. Ce résultat, qui étaye l'hypothèse d'une traversée quasi-stationnaire de la grille dans le mouvement (R), montre également que la considération supplémentaire, selon certains auteurs, d'une différence de phase possible entre l'incidence des profils et leur circulation non stationnaire ne doit pas être un élément déterminant de la solution. Bien que la propriété ait été obtenue sur le schéma linéarisé, on conçoit qu'elle ne doive pas être propre à ce mode de calcul et puisse constituer au contraire une base physique vraisemblable pour la théorie lorsque ν n'est plus infiniment petit; dans cette hypothèse, on a la relation

$$(1) \qquad v_0 + U - V = w_0 \operatorname{tg} \hat{\alpha}, \qquad (2k + \nu)\pi \leq y \leq [(2k+1) - \nu]\pi.$$

Par ailleurs, la solution linéaire indique également que les incidences (R) sur

les profils en décollement sont telles que le débit traversant la grille à cet endroit ne peut être qu'infime; *les zones décollées se comportent donc sensiblement comme des écrans pour le flux amont* [2]. Dans l'hypothèse d'une imperméabilité totale, on a

$$w_0 = 0, \qquad (2k - \nu)\pi < y \leqq (2k + \nu)\pi. \tag{2}$$

Les conditions de Hilbert (1) et (2) déterminent l'écoulement amont indépendamment de toute considération aval; la solution de singularité minimum s'écrit, en $z = x + iy$:

$$w - iv = i(\mathrm{U} - \mathrm{V}) + \frac{\mathrm{W}}{\cos\alpha} e^{-i\hat{\alpha}} \left[\frac{e^{-z - i\nu\pi} - 1}{e^{-z} - e^{-i\nu\pi}} \right]^{\frac{1}{2} - \frac{\hat{\alpha}}{\pi}}, \tag{3}$$

avec la condition de régularité, pour $x = -\infty$.

$$\nu = \frac{\alpha - \hat{\alpha}}{\frac{\pi}{2} - \hat{\alpha}}, \tag{4}$$

qui donne *l'étendue des zones de décollement.*

3. Le schéma se complète naturellement, dans le milieu aval, par un modèle inspiré de la théorie des sillages; les écoulements rotationnels transmis par les portions non décollées de la grille sous un angle de sortie (R) constant α_* sont séparés par des nappes de fluide mort à pression constante correspondant aux décollements-écrans, avec, aux frontières de ces différents domaines, des lignes de jet. Celles issues des fronts de perturbation $y = (2k + \nu)\pi$ sont des lieux de singularités analogues à celle visible sur (3), pression totale et vitesse étant infinies, comme cela est courant en fluide incompressible; alors que les lignes émises aux queues de décollement $y = (2k - \nu)\pi$ sont régulières, le module de la vitesse (D) y gardant une valeur constante correspondant à la pression asymptotique $\bar{p}$ de la grille, qui est aussi celle des sillages.

Désignons par $(\bar{w}, \bar{v})$ le champ de vitesse asymptotique à l'infini aval ($\bar{v} = \bar{w}\,\mathrm{tg}\,\theta$). défini sur une fraction $2\nu\pi$ de la période. Si nous associons les intégrales premières énergétiques du mouvement dans le transit (R) de la grille et sur le parcours (D) d'une ligne de courant aval, nous obtenons

$$\frac{\mathrm{P}}{\rho} + \frac{\mathrm{V}^2}{2} + (\mathrm{U} - \mathrm{V})\, w_0 (\mathrm{tg}\,\hat{\alpha} - \mathrm{tg}\,\alpha_*) = \frac{\bar{p}}{\rho} + \frac{\bar{w}^2}{2}(1 + \mathrm{tg}^2\theta). \tag{5}$$

En prenant comme ligne de courant particulière une des lignes de jet régulières, pour lesquelles

$$w_0 = 0, \qquad v_0 = \mathrm{V} - \mathrm{U}; \qquad \bar{w} = (\mathrm{U} - \mathrm{V})\cos\theta,$$

l'équation (5) se réduit à

$$\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{U}} = \frac{1}{2}\left[1 + \frac{2(\bar{p} - \mathrm{P})}{\rho \mathrm{U}^2}\right], \tag{6}$$

formule qui *relie la vitesse de rotation du décollement à l'accroissement de pression statique donnée par la roue*, et qui se prête par conséquent à des vérifications expérimentales aisées.

4. La formulation de (V/U) en fonction des seuls paramètres cinématiques $(\alpha_*, \hat{\alpha})$ ou la description plus détaillée du mouvement aval sont par contre plus difficiles à obtenir. On a par exemple, en appliquant le théorème des quantités de mouvement pour une période complète du mouvement (D) aval

$$(7)\quad \left\{ \begin{aligned} &\int_{-\nu\pi}^{\nu\pi} p\,dy + \int_{\nu\pi}^{(2-\nu)\pi} (p'_0 + \rho w_0^2)\,dy = \int_{-\bar{\nu}\pi}^{\bar{\nu}\pi} \bar{p}\,d\bar{y} + \int_{\bar{\nu}\pi}^{(2-\bar{\nu})\pi} (\bar{p} + \rho \bar{w}^2)\,d\bar{y}, \\ &\int_{\nu\pi}^{(2-\nu)\pi} v'_0 w_0\,dy = \int_{\bar{\nu}\pi}^{(2-\bar{\nu})\pi} \bar{w}^2 \operatorname{tg}\theta\,d\bar{y}, \end{aligned} \right.$$

soit, par combinaison et en tenant compte de la conservation du débit entre deux lignes de courant $(w_0\,dy = \bar{w}\,d\bar{y})$,

$$(8)\quad \begin{aligned} &\int_{\nu\pi}^{(2-\nu)\pi} [w_0 \operatorname{tg}\alpha_* - (U - V)]\, w_0\,dy \\ &\quad = \operatorname{tg}\theta \int_{\nu\pi}^{(2-\nu)\pi} \left[(U - V)\, w_0 \operatorname{tg}\hat{\alpha} + \frac{w_0^2}{2} (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha_*) \right] dy \end{aligned}$$

et avec l'expression (3) de w_0,

$$(9)\quad \operatorname{tg}\theta = \frac{U(\operatorname{tg}\alpha_* - \operatorname{tg}\hat{\alpha}) + V \operatorname{tg}\hat{\alpha}}{(U - V)\operatorname{tg}^2\hat{\alpha} + \dfrac{U}{2}(1 - \operatorname{tg}^2\alpha_*)}.$$

De même, la première équation (7), compte tenu de (5) et (6), peut être mise sous la forme

$$(10)\quad \begin{aligned} &2\pi\left[\left(1 - \frac{V}{U}\right) \operatorname{tg}\hat{\alpha} + \frac{1 - \operatorname{tg}^2\alpha_*}{2 \operatorname{tg}\hat{\alpha}} \right] \\ &\quad = \sqrt{1 - \frac{V}{U}} \cos\theta \int_{\nu\pi}^{(2-\nu)\pi} \sqrt{1 - \frac{V}{U} + 2\,\frac{w_0}{W}\,\frac{\operatorname{tg}\hat{\alpha} - \operatorname{tg}\alpha_*}{\operatorname{tg}\hat{\alpha}}}\;\frac{w_0}{W}\,dy, \end{aligned}$$

dont l'intégration numérique détermine, avec (9), le rapport (V/U).

5. A défaut de cette intégration exacte on peut admettre pour (3) et (10) les expressions approchées

$$(11)\quad \left\{ \begin{aligned} &w_0 = U \cot\hat{\alpha}, \qquad v_0 = V; \\ &\left(1 - \frac{V}{U}\right)\operatorname{tg}\hat{\alpha} + \frac{1 - \operatorname{tg}^2\alpha_*}{2\operatorname{tg}\hat{\alpha}} = \sqrt{\left(1 - \frac{V}{U}\right)\left[1 - \frac{V}{U} + 2\,\frac{\operatorname{tg}\hat{\alpha} - \operatorname{tg}\alpha_*}{\operatorname{tg}\hat{\alpha}}\right]} \cos\theta \end{aligned} \right.$$

qui donnent pour la vitesse de rotation du décollement l'expression

$$(12)\quad \frac{V}{U} = 1 - \frac{1 + \operatorname{tg}^2\alpha_*}{2\operatorname{tg}^2\hat{\alpha}},$$

indépendante du point de fonctionnement et égale à celle déduite de la théorie linéarisée lorsque $\alpha = \hat{\alpha}$.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1718.

(2) A. R. KRIEBEL, *J. aeron. Sc.*, 23, n° 9, 1956, p. 897-898.

HYDRAULIQUE. — *Technique de réalisation de modèles en sable pour l'étude des infiltrations.* Note de M. **GABRIEL MATTA**, transmise par M. Léopold Escande.

Au cours d'une série d'expériences entreprises dans le but d'étudier sur modèle réduit les infiltrations à travers les digues en terre, nous avons constaté que, dans le cas où aucune précaution spéciale n'est prise, les indications fournies par les piézomètres reliés aux prises de pression placées sur la paroi latérale du modèle sont irrégulières et non comparables d'une expérience à l'autre.

Pour trouver une explication de ce phénomène nous avons réalisé deux séries d'expériences :

Première série. — Elle consiste à étudier l'influence sur la perméabilité du degré et de l'uniformité de saturation du sable.

Dans une première expérience, l'eau du modèle est portée à l'ébullition pour éliminer tout l'air dissous qu'elle peut contenir. Le sable, lui-même, après avoir été lavé à plusieurs reprises, reste pendant 2 h au fond d'un récipient plein d'eau en ébullition puis est mis en place sous l'eau en évitant toute pénétration d'air. En se refroidissant, l'eau tend à absorber les dernières traces d'air pouvant rester dans les interstices du sable.

Les lectures piézométriques relatives à cette expérience concordent nettement avec les valeurs des potentiels donnés par la méthode théorique de relaxation, du moins jusqu'au sixième jour. Après quoi, ces lectures accusent des variations locales notables dues à l'air qui s'introduit dans le circuit.

Dans une deuxième expérience, après avoir maintenu le sable sans eau pendant une quinzaine d'heures, nous l'alimentons par une eau privée d'air par ébullition préalable. Les résultats obtenus sont acceptables.

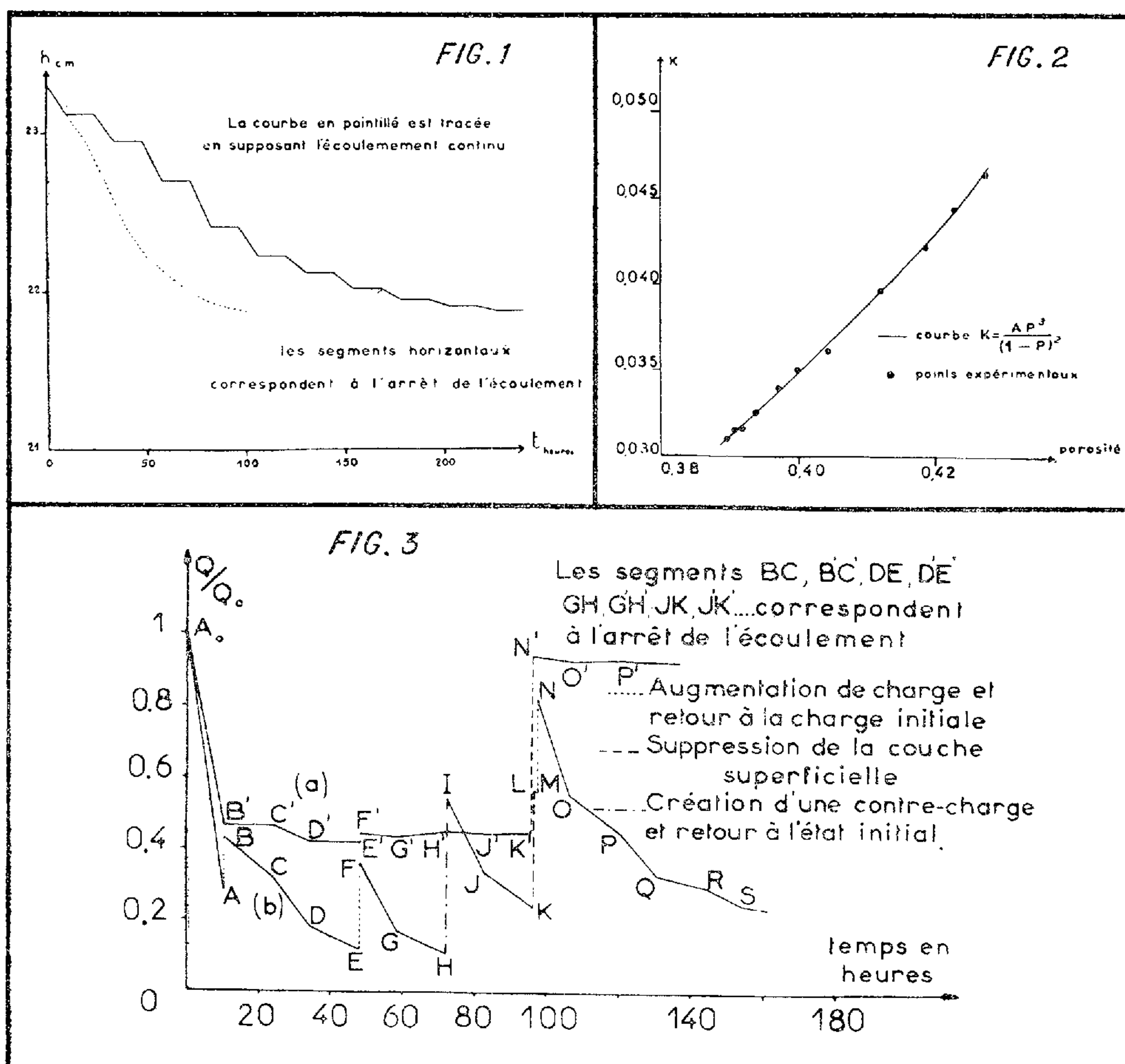
Il résulte de ces expériences les conclusions suivantes :

1° La répartition non uniforme des bulles d'air qui s'introduisent dans le massif poreux donne lieu à des lectures piézométriques très irrégulières s'écartant parfois de 20 % de leurs valeurs initiales. Tout se passe comme si l'on avait affaire à un milieu hétérogène avec un degré d'hétérogénéité variable avec le temps.

2° Un remplissage lent du modèle avec une eau privée d'air donne lieu à une saturation uniforme du massif bien que le degré de saturation ne soit pas exactement de 100 %.

3° Une alimentation du modèle en eau du réseau urbain ne donne pas de résultats satisfaisants et prouve donc qu'il est difficile d'assurer une uniformité de saturation si le degré de saturation est bien inférieur à 100 %.

Deuxième série. — Les essais de cette deuxième série ont pour but d'étudier les variations de la perméabilité avec le temps. En utilisant le perméamètre à écoulement descendant du laboratoire d'hydraulique de l'Université de Toulouse, nous étudions l'influence du tassement, du colmatage et de la présence de l'air dans les interstices du sable.



Influence du tassement. — Les diamètres des grains de sable utilisés sont compris entre 0,2 et 0,4 mm. La colonne filtrante a une hauteur initiale de 23,3 cm. La charge est de 18 cm. L'eau, portée à l'ébullition en même temps que le sable immergé, est mise en place ainsi que ce dernier en évitant toute introduction d'air, et sans effectuer un tassement spécial du sable. La figure 1 donne les variations de la hauteur du sable avec le temps d'écoulement. Nous en déduisons les variations de la perméabilité

avec la porosité (*fig.* 2) que nous comparons avec celles obtenues à partir de la formule empirique

$$K = A \frac{P^3}{(1-P)^2}.$$

Influence des bulles d'air. — Le sable est mis en place et soigneusement tassé par vibrations du tube. Le liquide filtrant est de l'eau propre n'ayant pas subi d'ébullition préalable. Les valeurs de la perméabilité K obtenues sous des charges successives croissantes, sans que l'on constate de tassement du sable montrent nettement l'influence de la présence de l'air. Pour des charges décroissantes, K reprend à 1 % près les valeurs qu'elle avait avant.

	Charge (cm).	5.	10.	15.	20.	25.	30.
K	Valeurs croissantes....	0,0338	0,0341	0,0343	0,0349	0,0351	0,0355
	Valeurs décroissantes..	0,0340	0,0342	0,0346	0,0350	0,0350	0,0355

Sous l'effet de l'augmentation de pression et de l'augmentation de vitesse, le volume des bulles d'air restant dans les interstices du sable diminue. Pour une charge six fois plus grande la perméabilité augmente de 4 %.

Influence du colmatage. — Le colmatage est obtenu par l'introduction d'une couche d'environ 1 mm d'épaisseur d'une poudre fine d'oxyde de fer qui se dépose sur le sable préalablement bien tassé. La figure 3 donne les variations relatives du débit en fonction du temps. Les graphiques *a* et *b* sont obtenus en utilisant successivement l'eau et le benzène comme liquide filtrant et donnent lieu aux remarques suivantes :

1° La diminution du débit au premier jour est due principalement à l'introduction de la couche d'oxyde à la surface de la colonne filtrante. Les jours suivants, le colmatant immobilise progressivement l'eau filtrante au sein du sable, chose qui ne se produit pas avec le benzène.

2° A travers le sable consolidé avec le benzène et contrairement à ce qui se passe avec l'eau, le débit reprend, après un arrêt de l'écoulement et après une augmentation brusque de la charge et retour à la charge initiale, la valeur qu'il avait juste avant.

3° L'imperméabilisation intérieure du sable est probablement due aux liaisons moléculaires et cristallines créées par l'eau en présence de l'hydrate de fer. Ces liaisons, variables d'ailleurs, avec la nature du colmatant et les fluctuations de la charge, font qu'une partie de l'eau qui se trouve dans les pores du sable est liée à celui-ci et ne participe pas à l'écoulement de filtration. Le benzène ne crée par des liaisons analogues à celles que peut créer l'eau [1].

[1] P. Habib, *Ann. Institut du Bâtiment et des Travaux Publics*, n° 6, Janvier 1953.

ASTROPHYSIQUE. — *Photomètre à franges pour mesurer les différentes régions d'un objet observé dans une lunette.* Note (*) de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

L'instrument permet la photométrie visuelle sur les différentes parties du disque d'une planète, directement à l'oculaire de la lunette. Il donne la magnitude des planètes et permet, au laboratoire, des mesures précises.

L'instrument a été imaginé pour mesurer photométriquement les différentes taches de la surface des planètes, soit au cours de leur examen visuel télescopique, soit au laboratoire en projetant leurs images photographiques. Cet appareil trouve un emploi dans les applications plus étendues de la photométrie à l'oculaire et de la photométrie photographique.

Principe. — L'image focale aérienne à examiner est dédoublée par un prisme biréfringent; l'image extraordinaire non déviée est observée à l'aide d'un oculaire suivi d'un polariscope de Savart à franges serrées; elle apparaît finement striée par les franges du polariscope.

Une plage de comparaison de luminance connue, uniforme, réglable, au foyer d'un collimateur, est projetée à travers le prisme biréfringent par une lentille de même ouverture relative que la lunette d'observation; son image ordinaire se superpose avec l'image extraordinaire de l'objet observé, et les pupilles de ces deux faisceaux coïncident exactement. L'observateur voit donc l'image à mesurer noyée dans la lumière de la plage de comparaison, et parcourue par des franges dont le contraste croît avec celui de la plage par rapport à la région du champ examinée. Pour mesurer la luminance d'un détail de l'image il affaiblit la plage jusqu'à observer la disparition des franges sur la région considérée. Les différents points de l'image s'offrent ainsi aux mesures successives, ou bien en donnant à la plage de comparaison un éclat défini, l'observateur voit les franges disparaître aux différents points du champ qui dessinent une isophote [1].

Pour mesurer l'image en lumière naturelle, une lame de spath ayant son axe parallèle aux faces optiques est interposée avant le biréfringent, avec sections principales à 45°.

Une autre lame, escamotable après le biréfringent, permet de faire disparaître les franges pour un meilleur examen de l'image avant la mesure.

Réalisation. — Le premier instrument a été construit en 1949 à l'Observatoire de Meudon et utilisé régulièrement depuis pour des observations astronomiques.

Le prisme de spath dévie l'image ordinaire de 4°.

Le polariscope montre des franges distantes de 10′. Son analyseur est un prisme biréfringent dédoublant 5′ qui transmet les deux composantes polarisées de la lumière selon deux systèmes de franges superposées ([2]). Il peut être remplacé par le polariscope à franges d'écartement réglable que j'ai décrit ailleurs ([3]).

La source de comparaison est une ampoule de 6 V constituant l'une des résistances d'un pont de Wheatstone alimenté par l'une des diagonales. La tension réglable permet de maintenir nul le courant traversant un micro-ampèremètre selon l'autre diagonale et de stabiliser l'intensité lumineuse avec une précision de quelques millièmes ([4]).

La plage, comparée à celle d'un étalon photométrique, peut être affaiblie dans un intervalle de 1 à 1000 avec une précision voisine du millième grâce à l'interposition de trois polaroïds neutres denses, celui du milieu tournant d'un angle réglable ([5]).

L'ensemble mécanique permet le réglage et le contrôle indépendant de la superposition des images, des pupilles et du centrage des franges.

Mesure de la luminance des taches de la surface d'une planète. — J'ai utilisé surtout ce photomètre à franges pour étudier la planète Mars, avec le réfracteur de 60 cm de l'Observatoire du Pic du Midi et un grossissement de 800. Les comparaisons des mêmes régions martiennes effectuées aux journées successives s'accordent entre elles à 3 % près. A la faveur des nuits de turbulence atmosphérique réduite elles peuvent concerner des taches de 3″ de diamètre seulement. La mesure n'est pas affectée par les lumières de la Lune, du crépuscule ou même du ciel diurne, car un fond lumineux uniforme, non polarisé par la traversée du prisme biréfringent, diminue le contraste des franges sans affecter la valeur donnée par leur disparition.

L'observation simultanée de la seconde image permet de surveiller l'état de la turbulence atmosphérique.

Cet instrument met donc à profit la sensibilité de l'observation visuelle télescopique. Je l'ai utilisé aussi pour étudier par projection des clichés photographiques; les mesures sont moins précises et plus faciles.

Comparaison des taches d'une planète à son flux global. — Pour rapporter la luminance d'une région du disque à celle de la moyenne du disque, l'observateur interpose avant le biréfringent une lentille ayant son foyer dans le plan focal de l'oculaire, et il recule l'instrument de deux fois la distance focale. Il mesure alors l'image uniformément éclairée de l'objectif. La pupille est remplacée par l'image de la planète, dont le diamètre est rendu comparable à celui de la pupille de la source de comparaison par le choix du foyer de la lentille. La coïncidence est assurée avant chaque mesure à l'aide d'une loupe et des organes de guidage de la lunette.

Comparaison du flux global d'une planète à celui d'une étoile. — Le pola-

riscope de Savart est remplacé par une cellule photoélectrique I. P. 21 précédée d'un polariseur dont la section principale peut être rendue parallèle ou perpendiculaire à celle du prisme biréfringent, afin de transmettre soit la lumière de l'astre, soit celle de la source.

Le courant produit par la photocathode est multiplié, amplifié puis compensé par celui d'une pile; le courant résiduel est envoyé dans un microampèremètre et au besoin dans un fluxmètre intégrateur. La mesure consiste à transmettre la lumière de l'astre, annuler la déviation du microampèremètre à l'aide du courant de compensation, ou bien la dérive du fluxmètre pendant un temps donné, puis tourner progressivement le polariseur jusqu'à 90° en compensant le courant par la source de comparaison. Sur les astres brillants la sensibilité est généralement limitée par la turbulence de l'air, la précision par les variations de la transparence atmosphérique.

Le centième de magnitude peut être atteint.

Mesures au laboratoire. — Lorsqu'une grande précision est possible, il y a intérêt à interposer avant le polariscope une lame inclinée d'un angle réglable autour d'un axe qui peut être amené successivement parallèle ou perpendiculaire aux sections principales du prisme. Cette lame, fait réapparaître des franges qui s'imbriquent et se superposent alternativement aux franges résiduelles à annuler (6). Le critère de la disparition des franges est remplacé par celui beaucoup plus sensible de l'égalisation de faibles franges. Les mesures visuelles peuvent atteindre alors une précision de quelques millièmes.

J'exposerai prochainement une variante du photomètre à polariscope, puis les résultats déjà recueillis sur la planète Mars.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) Ce principe rappelle celui de l'appareil imaginé par F. E. WRIGHT, *J. Opt. Soc. Amer.*, 24, 1934, p. 206.

(2) B. LYOT, *Thèse*, Paris, 1924, p. 11.

(3) A. DOLLFUS, *Thèse*, Paris, 1956 (à paraître prochainement dans *Ann. Aph.*).

(4) G. RIBAUD, *Traité de pyrométrie optique*, p. 195.

(5) W. H. STEEL, *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 223.

(6) B. LYOT, *Thèse*, Paris, 1924, p. 12.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE ET THERMODYNAMIQUE. — *Exhaustivité de l'énergie totale d'un système en équilibre, pour l'estimation de sa température.* Note (*) de M. **BENOIT MANDELBROT**, présentée par M. Georges Darmois.

Une identité inattendue existe, entre l'exhaustivité statistique (« sufficiency »), et une propriété de l'équilibre thermique, surtout exploitée par Szilard et Lewis. On en déduit une nouvelle axiomatique, *purement phénoménologique*, de la thermostatistique, basée sur la théorie de l'estimation des paramètres, et très analogue aux axiomatiques de la théorie quantique, basées sur l'analyse de l'observation.

1. Pour rendre compte de notre connaissance partielle de l'état d'un système thermique, observé macroscopiquement, J. W. Gibbs [1] a proposé deux « ensembles » statistiques représentatifs : l'ensemble *canonique* (température donnée, énergie aléatoire), et l'ensemble *microcanonique* (énergie connue). I. A. Khinchin [2] trouve, cependant, qu'un grand nombre de concepts gibbsiens, et des lois aussi fondamentales que le principe « $S = \log W$ », ne peuvent pas être rendus rigoureux, et devraient donc être bannis; la complémentarité entre les deux ensembles de Gibbs ne serait ainsi qu'apparente. Nous voulons montrer [3] que, comme dans bien d'autres cas, on peut de nouveau tout rendre rigoureux, en généralisant les mathématiques utilisées. Celles de Khinchin, en effet (bien qu'il utilise, selon la tradition, le terme « statistique ») sont *purement probabilistes*, c'est-à-dire appropriés à la *déduction* de propriétés macroscopiques, à partir d'hypothèses statistiques microscopiques. Mais pour passer du microcanonique au canonique, et, en particulier, *définir une température pour un système isolé, il faut* d'autres mathématiques. Celles de *la théorie* (proprement statistique, elle) *de l'estimation des paramètres* [4] se sont révélées être tout particulièrement appropriées à l'étude des fondements de la thermostatistique.

Les précisions apportées aux bases de la théorie ne changent rien, bien entendu, aux prévisions relatives aux grands systèmes, mais elles peuvent avoir des conséquences pratiques pour les petits systèmes.

2. Commençons, dans cette Note, par ramener la forme gibbsienne de la distribution canonique de la probabilité de l'énergie [$p(u/\beta) = \sigma(u)\gamma^{-1}(\beta)e^{-\beta u}$, où $\beta = 1/kT$] à un axiome statistique. Nous partirons de la réciproque, due à Szilard, [5] puis à Darmois [6], Koopman [7] et Pitman [8], d'un théorème classique et banal de la thermo-statistique mécanique :

THÉORÈME. — *Soient deux systèmes en contact, isolés d'un contact commun antérieur avec un même thermostat. La distribution $p'(u_1)$ des diverses valeurs u_1, possibles pour l'énergie U_1 de l'un des systèmes, est indépendante de la température du thermostat initial, et uniquement conditionnée par l'énergie totale u.*

En effet $\gamma(\beta) = \gamma_1(\beta)\gamma_2(\beta)$, d'où il résulte que

$$p'(u_1) = \frac{p_1(u_1)p_2(u_2)}{p(u)} = \frac{\sigma_1(u_1)\gamma_1^{-1}(\beta)e^{-\beta u_1}\sigma_2(u_2)\gamma_2^{-1}(\beta)e^{-\beta u_2}}{\sigma(u)\gamma^{-1}(\beta)e^{-\beta u}} = \frac{\sigma_1(u_1)\sigma_2(u_2)}{\sigma(u)}.$$

3. La méthode habituelle, pour introduire la forme gibbsienne, passe par cette formule pour $p'(u_1)$, démontrée à partir des hypothèses microcanoniques : (a), que le système a $\sigma(u)$ « états » différents d'énergie u; que toutes les configurations du système sont équiprobables, ce qui résulte de (b) l'ergodicité (théorème ou hypothèse) (moyennant une introduction de l'aléatoire, ce qui, au fond, est injustifié dans une théorie dynamique). En effet, si le système d'énergie u_1 est très petit par rapport à l'autre, la formule pour $p'(u_1)$

devient :

$$p'(u_1) = \sigma_1(u_1)\gamma_1^{-1}(\beta')\, e^{-u_1\beta'}, \qquad \text{avec} \quad \beta' = -\frac{\partial \log \sigma(u)}{\partial u}$$

distribution gibbsienne, avec un β' différent du β initial.

4. L. Szilard ([8]) [et, moins complètement, G. N. Lewis ([9])] a donné de cette méthode une variante très importante et injustement négligée, qui comporte la réciproque du théorème ci-dessus. Le but est de rendre les bases de la thermostatistique phénoménologiques, l'ergodicité étant trop éloignée de l'observation, parce que relative à « états des » par définition inobservables. Szilard pose : (a') l'axiome que l'énergie d'un système canonique est intrinsèquement aléatoire [(*cf.* théorie quantique ([10])], et (b') (conclusion du théorème du paragraphe 2, postulée seulement au bout d'un temps assez long), l'axiome que la « nature » de l'équilibre thermique est telle, que toute propriété, observée longtemps après l'isolement du système, est indépendante de la manière dont il a été préparé (exemple : contact avec un thermostat, ou réunion de deux parties, d'abord en contact avec des thermostats différents); en particulier, $p'(u_1)$ ne peut être conditionné que par u. Szilard démontre alors :

Théorème réciproque. — *La distribution gibbsienne est la seule à satisfaire à (b').*

5. Bien que plus directs que (a) et (b), les postulats (a') et (b') ne sont pas relatifs à des limitations imposées à un physicien mascroscopique, donc ne sont pas encore « phénoménologiques », au même titre que les lois de Carnot, Clausius, etc. Ils peuvent toutefois le devenir au moyen d'une traduction immédiate (mais nullement évidente, semble-t-il).

En effet, *le critère (b') de Szilard, que $p'(u_1)$ ne doit être conditionné que par u, constitue exactement la définition la plus générale de l'exhaustivité de la mesure de u, en tant que point de départ pour l'estimation de β.* [« sufficiency of u as a statistic », dans la terminologie des références ([4])]. Le concept d'exhaustivité est donc relatif à la « mesure indirecte » du β d'un thermostat Th., effectuée en examinant, en « échantillon », un système qui a été en contact avec Th. L'exhaustivité traduit le caractère macroscopique de la température $1/\beta$: il est superflu, pour estimer β, de mesurer séparément les énergies de parties du système-échantillon, ni de connaître la répartition empirique de l'énergie entre ces parties. Quel que soit ([4]) le critère de « bon », l'estimation basée sur le tout est aussi bonne que celle basée sur les parties, et ceci bien qu'elle ne puisse jamais être parfaite, parce que estimer un paramètre, c'est deviner sa valeur, ce qu'on peut faire de façon « raisonnable » ([4]), mais jamais de façon logiquement nécessaire.

La distribution gibbsienne, et par conséquent (classiquement) la deuxième loi de la thermodynamique, résultent donc du seul axiome d'exhaustivité, ce qui fonde simultanément la thermodynamique non statistique et la théorie des fluctuations [axiome tout à fait extérieur aux phénomènes physiques internes de la structure de la matière, et faisant partie de la théorie de l'observation ([3]), ([10])].

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) *Principes élémentaires de mécanique statistique*, trad. franç. Paris, Hermann, 1926.

(2) *Mécanique statistique*, trad. anglaise. New-York, Dover, 1949.

(3) Des développements beaucoup plus détaillés et précis de ces résultats paraissent dans les *I. R. E. Transactions on Information Theory*, 2, 1956, fasc. 3, p. 190, et dans la revue internationale : *Information et Contrôle;* New-York Academic Press.

(4) *Voir*, par exemple, M. G. KENDALL, *Statistics*, London, Griffin, 1948; H. GRAMÈR : *Statistics*; Princeton University Press, 1946; C. R. RAO, *Advanced Statistical Methods*, New-York, Wiley, 1952.

(5) *Z. Physik.*, 32, 1925, p. 753.

(6) *C. R.. XXIIe Session, Inst. Int. Stat.* Athènes, 1936.

(7) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 39, 1936, p. 399.

(8) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 32, 1936, p. 567.

(9) *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 25.

(10) J. VON NEUMANN, *Mécanique Quantique*, trad. franç. Paris, P. U. F., 1947.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le réalisme de l'espace-temps : sur deux problèmes d'interprétation en mécanique ondulatoire.* Note (*) de M. **OLIVIER COSTA DE BEAUREGARD**, présentée par M. Louis de Broglie.

La statistique des grands ensembles est impliquée dans la théorie quantique de la largeur des raies spectrales, et aussi dans l'usage du propagateur « causal » $D_C \equiv D_F$. Le problème d'Einstein (Conseil Solvay, 1927) et ceux de corrélation d'Einstein et de Schrödinger doivent être posés dans l'espace-temps, en tenant compte de la symétrie passé-futur du phénomène élémentaire.

Nous pensons avoir montré (1) que la loi des ondes retardées de la physique macroscopique est essentiellement une loi de statistique des grands ensembles; le phénomène élémentaire, lui, doit être conçu comme rigoureusement symétrique entre passé et futur. Nous voulons ici discuter sur cette base deux problèmes d'interprétation de la mécanique ondulatoire.

1. *La théorie de la largeur des raies spectrales de Weisskopf et Wigner implique une hypothèse de statistique des grands ensembles.* — Supposons, pour simplifier, qu'on ait affaire à des atomes schématiques à deux niveaux d'énergie; la théorie en question postule qu'il est infiniment plus probable de trouver l'atome sur son niveau inférieur et le photon libre, que l'atome sur son niveau supérieur et le photon absorbé; ce n'est pas là une hypothèse quantique, puisqu'au contraire les probabilités des deux transitions réciproques sont égales; mais on peut montrer (1) que cette hypothèse équivaut à celle habituelle en statistique des grands ensembles.

Voici une autre manière d'arriver à la même conclusion. Jauch et Rohrlich (2), notamment, ont bien montré que le facteur d'amortissement de Weisskopf et Wigner est automatiquement introduit lorsqu'on prend pour propagateur de l'électron le $S_C \equiv S_F$ de Stueckelberg-Feynman; l'usage du propagateur symétrique au précédent introduirait au contraire

un facteur d'anti-amortissement, et celui du propagateur symétrique entre passé et futur, $S = 1/2\ (S_{ret} + S_{av})$, n'introduirait aucun facteur de ce genre. Or, en ce qui concerne non plus l'électron, mais le photon, Feynman ([3]) a fait des remarques équivalant à dire que, lorsque tout le système est enfermé dans une boîte parfaitement rigide et réfléchissante, et dans l'état d'équilibre, c'est le propagateur $\bar{D}$ qu'il faut adopter; le propagateur D_C, au contraire, rend compte de la tendance vers l'état d'équilibre thermodynamique dans l'espace euclidien illimité.

Notre conclusion est donc que le propagateur qui décrit le phénomène élémentaire dans sa spécificité est $\bar{D}$ *ou* S; le propagateur $D_C \equiv D_F$ ou $S_C \equiv S_F$ fait au contraire la synthèse entre le phénomène élémentaire et la statistique des grands ensembles *dans l'espace euclidien illimité.*

2. Nous voulons faire une application de nos deux principes, qu'aucun problème fondamental ne peut être valablement posé sans : A. *utiliser le langage du réalisme spatio-temporel* et, B. *tenir compte de la liaison symétrique entre passé et futur du phénomène élémentaire*, aux problèmes d'interprétation de la théorie des quanta soulevés par Einstein ([4]), Einstein-Podolsky-Rosen ([5]), Schrödinger ([6]).

L'exemple d'Einstein ([4]) est celui d'une onde corpusculaire à nombre d'occupation 1 qui, franchissant un écran diffracteur, est ensuite absorbée dans un écran du type mosaïque à grains, comme par exemple une plaque photographique. « Lorsque » le corpuscule est absorbé dans l'un des grains, il « devient instantanément » impossible qu'il puisse l'être dans aucun des autres, et ceci semble contredire à la fois la loi d'Einstein relative à la propagation des signaux, les exigences de la description spatio-temporelle des phénomènes, et enfin la symétrie manifeste des rôles joués par les divers grains de l'écran récepteur.

Les exemples d'Einstein-Podolsky-Rosen ([5]) et de Schrödinger ([6]) sont ceux de corpuscules « corrélés » qui, après une collision au sens large, sortent chacun sur un état d'une base orthogonale complète, avec une correspondance biunivoque d'état à état. Lorsque l'un des corpuscules est reçu, dans un appareil de mesure, sur l'un de ses états possibles, l'état de l'autre « devient instantanément déterminé », ce qui soulève, *mutatis mutandis*, les mêmes difficultés que précédemment.

Mais nous pensons que l'analyse de ces faits suivant les habitudes (et les préjugés) du langage courant est tout à fait inadéquate. C'est seulement avec des ondes à grands nombres d'occupation qu'il est « impossible de télégraphier dans le passé », et ce n'est donc pas du tout « instantanément » qu'un grain de la plaque bloque les autres, ou que l'un des deux corpuscules reçus place l'autre; les relations *invariantes* entre événements doivent se concevoir en un sens aussi réaliste que les relations de position dans l'espace

euclidien; dans l'espace-temps, tout est inscrit *ne varietur*, et *sous forme statique*.

Ce qui *s'échange*, dans les expériences de pensée citées, c'est un signal infralumineux qui se réfléchit *dans l'espace-temps* sur la fente ouverte ou sur la zone d'interaction, et qui, suivi à la Feynman, *et dans un sens d'ailleurs arbitraire*, « va d'abord » dans le sens futur-passé et « ensuite » dans le sens passé-futur. La relation entre ces expériences et celles, habituelles, d'une succession de deux mesures mutuellement réductibles est la même que celle existant, par exemple, entre une création de paire et une diffusion ordinaire décrites à la Feynman. Et si, sur chacun des deux phénomènes corrélés, l'on faisait deux mesures non mutuellement réductibles (mesure d'instant-point d'un côté et d'impulsion-énergie de l'autre; ou mesure de phase d'un côté et de nombre d'occupation de l'autre), l'on aurait une transposition à la Feynman de la succession ordinaire de deux mesures non mutuellement réductibles.

Comme y a insisté Bohr (7), *ce qui compte est la situation expérimentale globale*, mais il faut ici préciser qu'*il s'agit de la situation spatio-temporelle* (ou de la situation avec son développement évolutif, pour parler en termes pré-minkowskiens). Il y a obligatoirement cohérence à l'intérieur d'un même programme de mesures.

Ces remarques sont substantiellement identiques à celles que nous avons déjà données (8), mais nous avions alors commis quelques impropriétés de langage.

(*) Séance du 26 novembre 1956.
(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 666; 241, 1955, p. 1721; 243, 1956, p. 1728.
(2) *Theory of photons and electrons*, U. S. A., 1955, nos 15.4 et 16.3.
(3) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 772-773.
(4) *Conseil Solvay*, 1927.
(5) *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 777.
(6) *Naturwiss.*, 23, 1935, p. 787, 823 et 844.
(7) *Phys. Rev*, 48, 1935, p. 696.
(8) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1632.

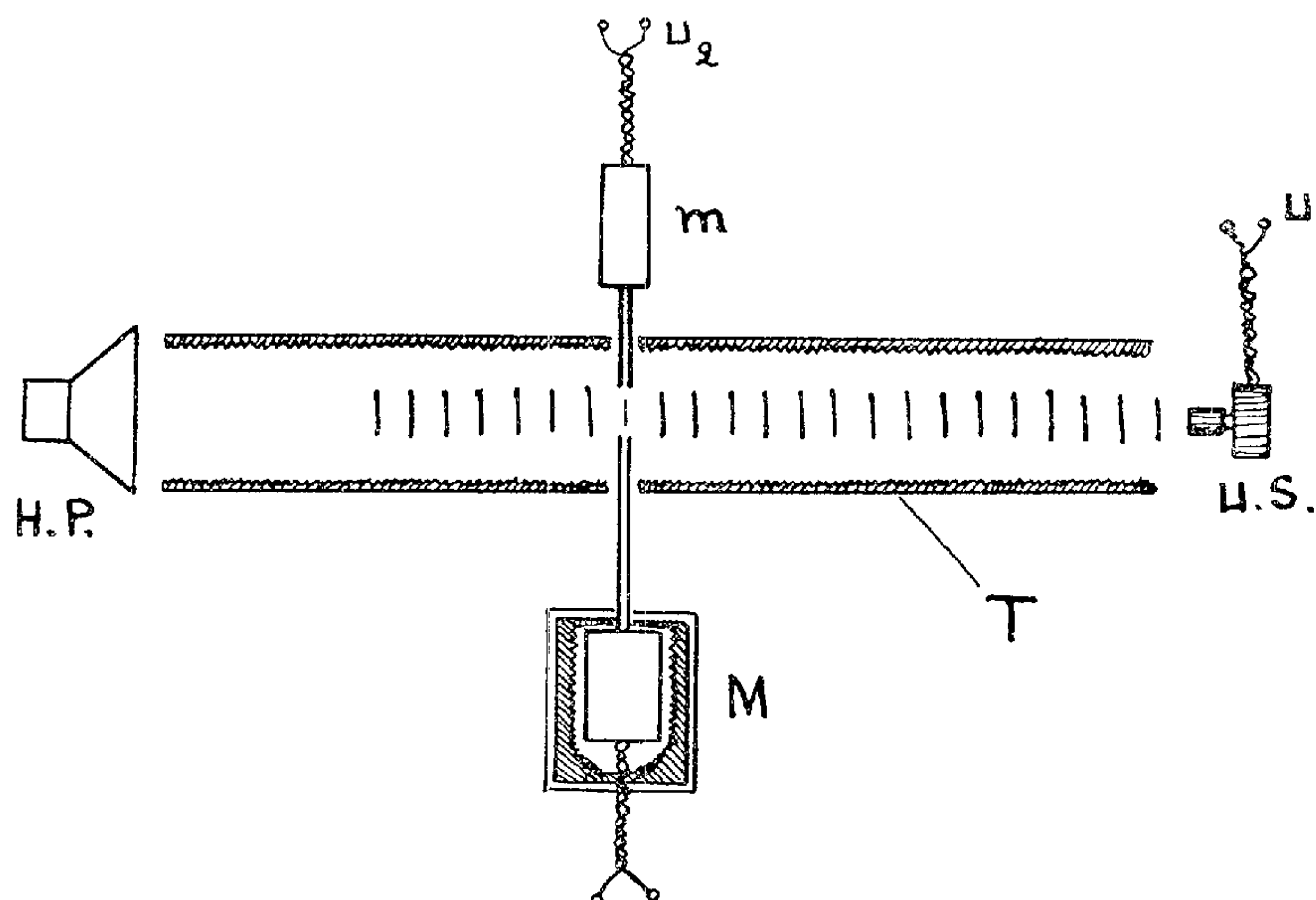
ACOUSTIQUE. — « *Étalonnage absolu de microphones aux fréquences audibles et infra-sonores* ». Note (*) de MM. **Vladimir Gavreau** et **Albert Calaora**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'intensité du son ou de l'infra-son est déterminée en mesurant « l'amplitude des déplacements des particules » dans l'onde sonore. Cette amplitude est mesurée au moyen d'un ultra-son auxiliaire.

Sur la figure 1, H. P. est un émetteur de son de fréquence comprise entre 0 et 400 Hz, U. S. est un émetteur d'ultra-son dans l'air à cylindre vibrant

horizontal ([1]) émettant des ondes planes de 77,1 kHz, *m* est un récepteur d'ultra-son, muni d'un tube explorateur, M est le microphone à étalonner, également muni d'un tube explorateur.

L'étalonnage est fait dans une grande chambre sans échos, ou bien en utilisant un tube de grand diamètre T intérieurement recouvert d'un bon absorbant acoustique.



Les déphasages entre la tension U_1 prélevée aux bornes de l'émetteur de l'ultra-son, et la tension U_2 fournie par le récepteur de l'ultra-son, sont mesurés au moyen d'un phasemètre cathodique ([2]). Sur l'écran de ce phasemètre apparaît une ligne de balayage très fine d'une longueur totale B et sur cette ligne, un point très brillant, dont la position indique le déphasage.

En absence du son de basse fréquence, le point brillant indiquant le déphasage, reste fixe. Mais lorsque le haut-parleur H. P. émet un son, les ondes ultra-sonores, superposées aux ondes sonores, se déplacent périodiquement en avant et en arrière avec une amplitude égale à « l'amplitude des déplacements des particules » dans l'onde sonore, et le déphasage entre les tensions U_1 et U_2 varie périodiquement : le point brillant sur l'écran du phasemètre, balaye très rapidement un petit segment de longueur *b*. Sur la photographie de l'écran apparaît un trait de longueur *b*, plus noir et plus épais, superposé à la fine ligne de balayage de longueur B.

La longueur B correspond à un déphasage de 360°, donc à une longueur d'onde de l'ultra-son qui est, pour la fréquence utilisée, de 0,45 cm (cette longueur d'onde a été déterminée directement, expérimentalement, au moyen de rides de sable). Ainsi, l'amplitude totale des déplacements des particules dans

l'onde sonore est

$$2A = \frac{b}{B}\,0,45\ \text{cm}. \qquad (1)$$

Si F est la fréquence du son ou de l'infra-son dont on mesure l'intensité, $\rho = 0,001\,205\ \text{g/cm}^3$ la masse spécifique de l'air et $c = 34\,000\ \text{cm/s}$ la vitesse de propagation du son à 20° C, la *pression acoustique efficace* en dyne/cm² (barye) est

$$p_{\text{eff}} = \frac{\rho c \omega A}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi F \rho c A}{\sqrt{2}} = \frac{\pi F \rho c}{\sqrt{2}}\frac{b}{B}\,0,45 = 40,97\frac{b}{B}F. \qquad (2)$$

Voici les résultats de l'étalonnage d'un microphone à condensateur Brüel et Kjaer :

Fréquence F (Hz).	Balayage B (mm).	Segment b (mm).	Pression efficace $40,97\frac{b}{B}F$ (barye).	Tension aux bornes du microphone (mV).	Sensibilité du microphone (mV/barye).
71	83	7,5	263	470	1,79
77	85	12,5	464	1 020	2,21
80	88	16,5	615	1 300	2,12
93	75,5	4,5	227,5	750	3,3
110	73	6,5	402	1 800	4,48
120	75,4	8,3	541	1 180	2,18
130	77	7,8	540	1 220	2,26
150	78,1	8,5	669	780	1,165
170	81	11	946	350	0,37
200	78,7	8,2	855	200	0,234
250	77	12,7	1 690	450	0,267
260	78	10,5	1 435	370	0,218
275	79,5	8	1 133	275	0,243
285	80,7	8,5	1 230	320	0,26
300	82,8	9,8	1 455	500	0,344
370	89,5	10,5	1 780	120	0,0674
400	95,5	6,8	1 168	460	0,394

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) V. Gavreau et M. Miane, *Acustica*, 4, 1954, p. 387 à 395.

(2) Phasemètre cathodique Brevet C. N. R. S., n° **990 318**.

MAGNÉTISME. — *Influence d'une irradiation en pile sur les propriétés magnétiques du ferrite de zinc.* Note (*) de MM. **Hubert Forestier**, **Gilbert Eischen** et **Georges Guiot-Guillain**, présentée par M. Francis Perrin.

L'irradiation par neutrons thermiques a modifié les propriétés du ferrite de zinc. L'analyse thermomagnétique met en évidence une anomalie du type point de Curie. Les traitements thermiques font varier l'aimantation du produit irradié.

Dans le cadre de nos travaux concernant les composés magnétiques du

type ferrites, nous avons entrepris l'étude de l'influence d'une irradiation [1] par neutrons (dans les canaux des radioéléments artificiels) sur les propriétés magnétiques d'un ferrite de zinc : Fe^2O^3ZnO, paramagnétique avant irradiation.

L'effet de l'irradiation se traduit :

1° par l'apparition d'une anomalie type point de Curie, mise en évidence par analyse thermomagnétique;

2° par une variation de l'aimantation, mise en évidence par traitement thermique.

1. *Analyse thermomagnétique.* — Les courbes des figures 1 à 4 sont relatives à quatre cycles successifs effectués dans un champ de 500 gauss,

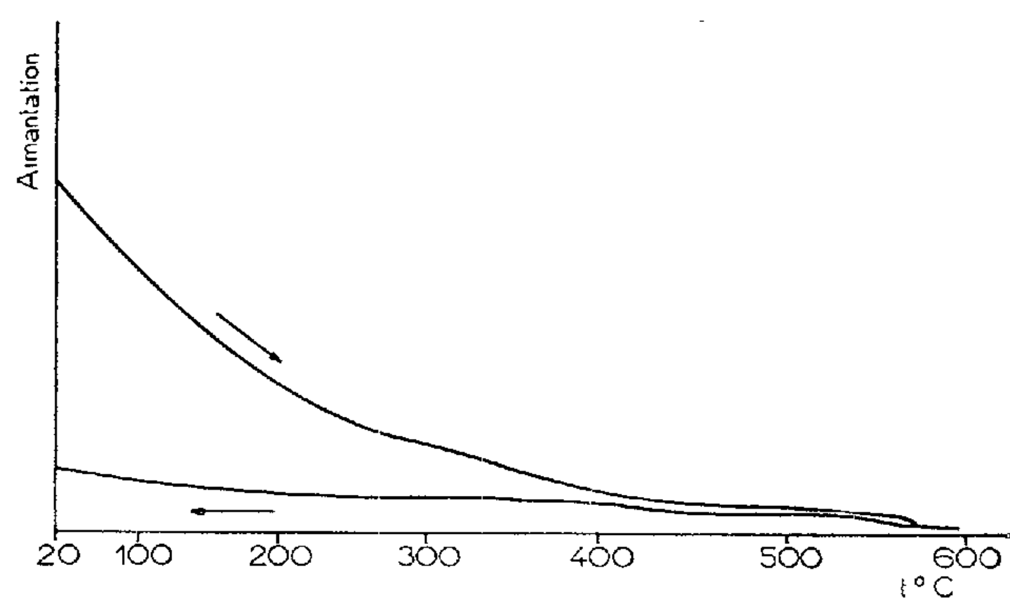


Fig.1

sur un échantillon placé dans un convertisseur ayant intégré un flux de $2,7.10^{19}$ neutrons th.cm^{-2}. La température finale de chauffage était

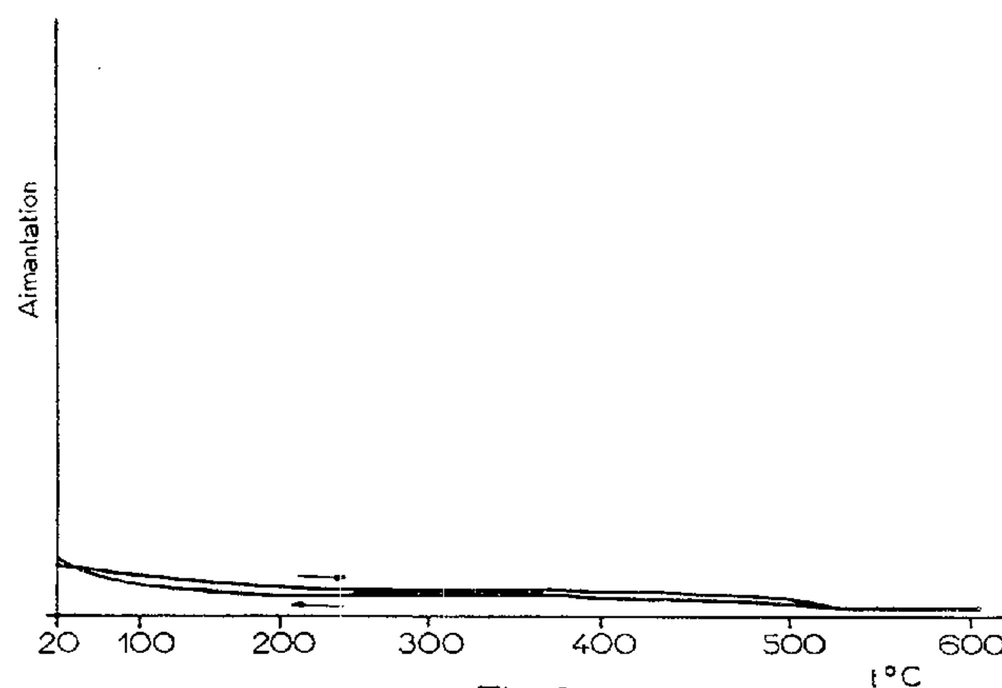


Fig.2

de 600° C pour chaque cycle. La montée en température se faisait en 30 mn, le refroidissement jusqu'à température ordinaire durait environ 2 h.

Notons que lorsque la durée de recuit augmente, l'anomalie disparaît tout en se déplaçant de 570 vers 500° C. D'autre part, l'aimantation varie sensiblement au cours des différents cycles.

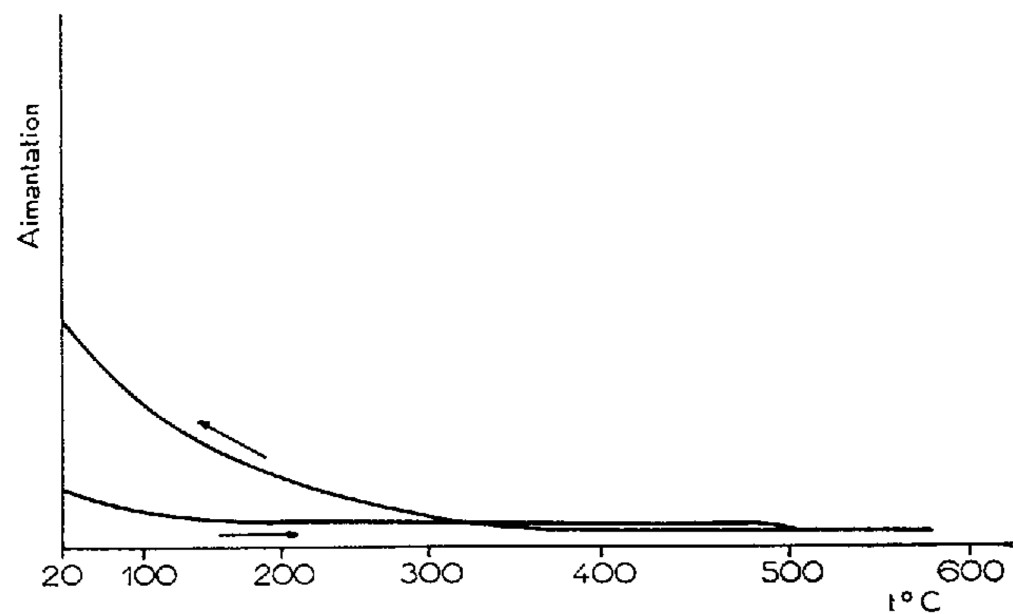


Fig.3

2. *Traitements thermiques.* — En vue de préciser la cause de la variation de l'aimantation, nous avons procédé sur d'autres échantillons à des traitements thermiques en l'absence de champ. De cette façon, nous avons éliminé le phénomène de thermorémanence pouvant intervenir dans l'analyse thermomagnétique.

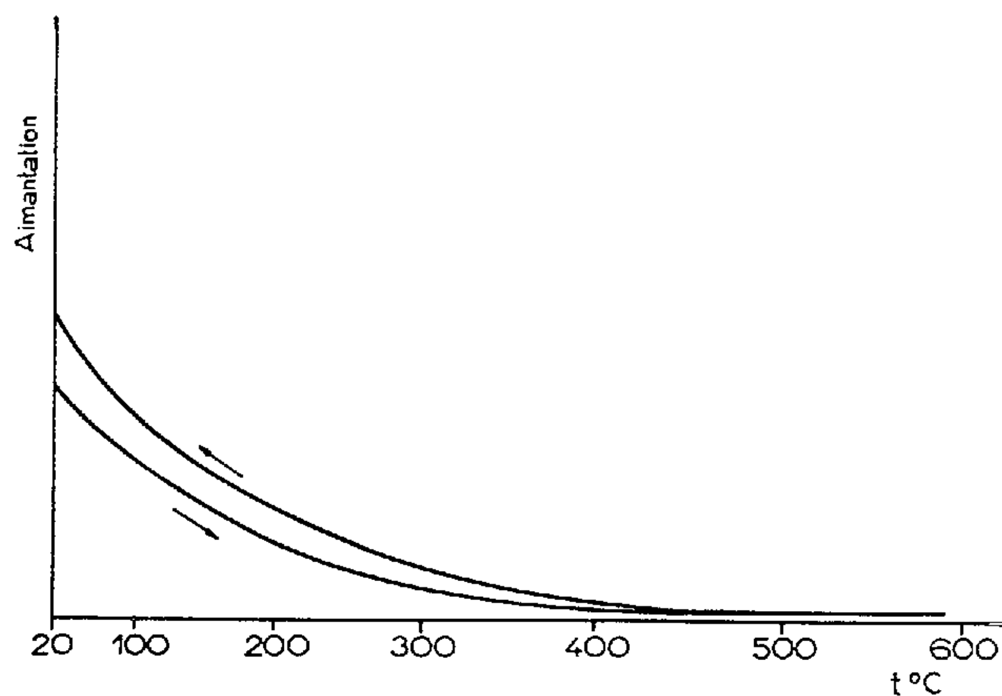


Fig.4

La température atteinte au cours des chauffages était de 500° C, la montée en température se faisait en 20 mn, le refroidissement jusqu'à température ordinaire durait environ 1 h 40 mn. A la suite de chaque cycle thermique, nous avons noté l'aimantation dans un champ de 800 gauss.

La figure 5 schématise les résultats obtenus avec un échantillon ayant intégré un flux de $1{,}8.10^{19}$ neutrons $th.cm^{-2}$. En abscisse, nous avons porté le numéro du cycle (1 à 6); en ordonnée, la valeur de l'aimantation.

L'aimantation avant tout traitement thermique est représentée par la longueur du trait numéroté 0.

On constate que par rapport à sa valeur initiale et en fonction de la durée de recuit, l'aimantation augmente, puis décroît, passe par un minimum, et tend finalement vers une valeur constante, légèrement infé-

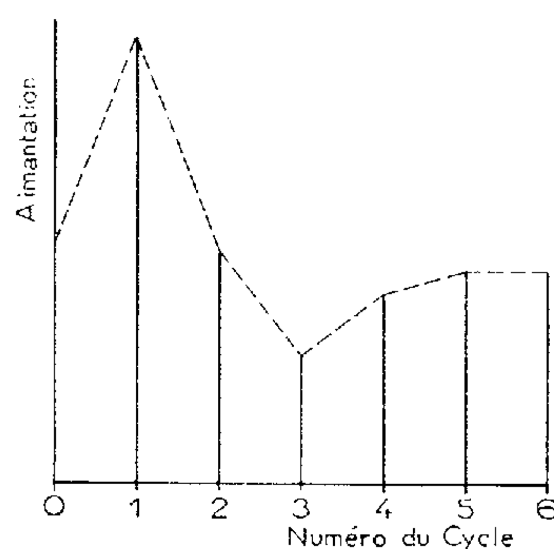


Fig. 5

rieure à la valeur initiale. Les résultats obtenus avec d'autres échantillons permettent de dire que l'allure du phénomène est toujours la même, et il semble que l'amplitude des variations soit fonction de l'énergie intégrée.

L'irradiation par neutrons aurait donc modifié les propriétés magnétiques du ferrite de zinc étudié et ces modifications se manifestent ensuite au cours des traitements thermiques. Nos résultats nous paraissent constituer un nouvel aspect du phénomène de « rétrogradation thermique » observé par d'autres auteurs ([2]) étudiant l'influence du rayonnement de neutrons sur les propriétés physiques d'un certain nombre de corps, notamment du graphite et du fluorure de lithium.

Les propriétés magnétiques étant liées à la texture du réseau cristallin, nous pensons pouvoir conclure que la structure spinelle du ferrite de zinc a été perturbée par le bombardement neutronique.

(*) Séance du 5 novembre 1956.

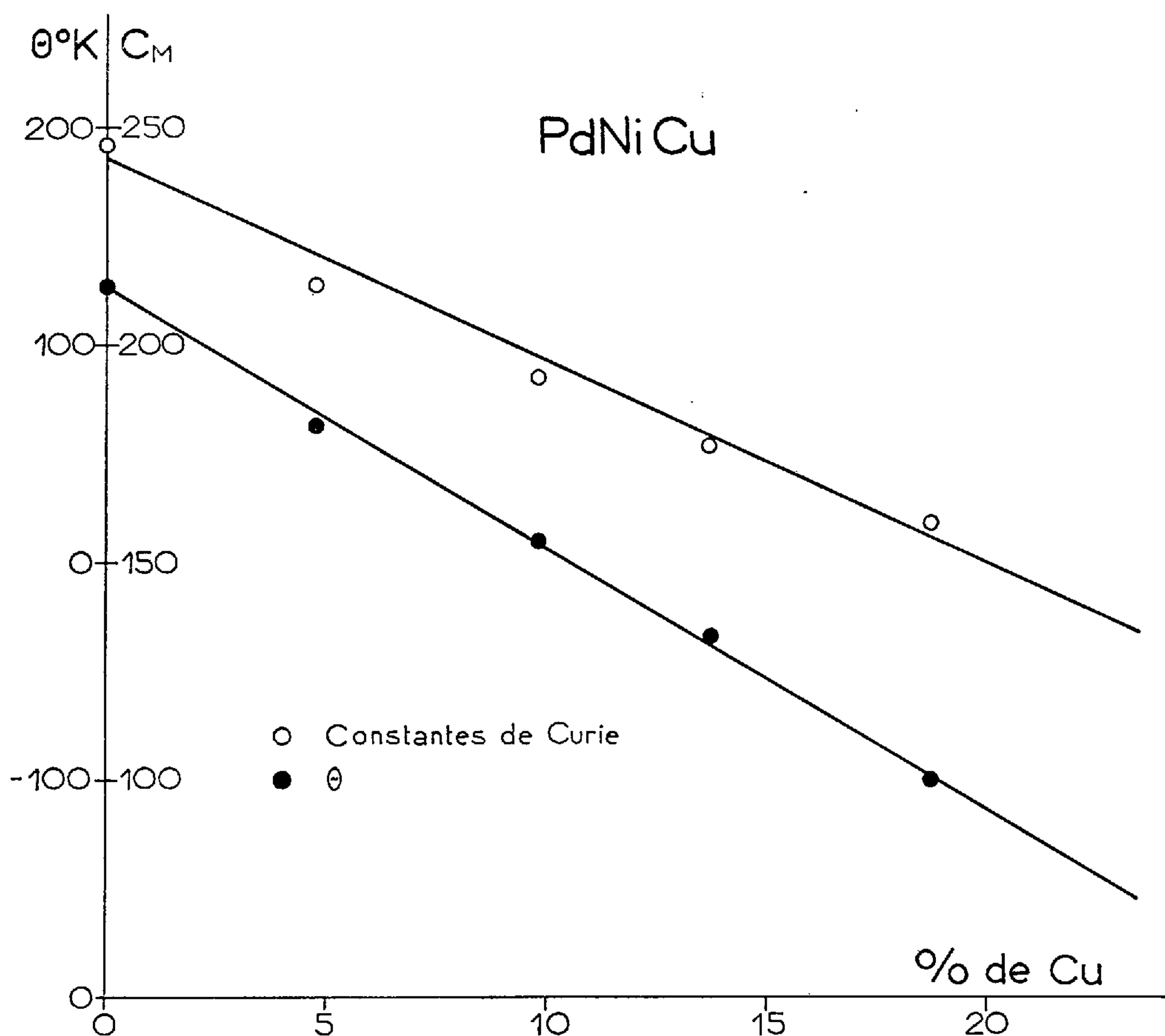
([1]) L'irradiation a été effectuée par les soins du Commissariat à l'Énergie atomique, Centre d'Études nucléaires de Saclay.

([2]) G. Meyer, P. Perio, J. Gigon et M. Tournarie, *Communication à la Conférence internationale sur l'Énergie atomique à des fins pacifiques*, Genève, juillet 1955.

MAGNÉTISME. — *Étude des alliages ternaires palladium-nickel-cuivre.* Note (*) de M. **Joseph Cohen**, transmise par M. Gabriel Foëx.

M. Sadron ([1]) a étudié l'aimantation des alliages nickel-cuivre et plus généralement nickel-métaux diamagnétiques riches en nickel. Il a montré

que le moment à saturation et le point de Curie ferromagnétique décroissent linéairement en fonction de la concentration électronique *s* introduite et semblent tendre vers zéro pour 60 % d'électrons *s*. On interprète ces résultats en supposant que le Θ ferromagnétique dépend du nombre de porteurs élémentaires mesuré par le moment à saturation. M. Wucher ([2]) a effectué l'étude thermomagnétique d'alliages analogues à base de palladium. Il a constaté que si la constante de Curie décroît linéairement pour s'annuler vers 60 % d'électrons *s*, le point de Curie décroît constamment jusqu'à prendre de grandes valeurs négatives, dans les alliages du palladium avec l'argent, le cuivre, l'aluminium, etc. Le Θ ne dépend que de la concentration électronique et non de la nature du métal dissous dans le palladium.



D'après Alder ([3]), Θ décroît de 200° C quand on introduit 20 % d'électrons *s* dans les alliages à base de nickel. Dans les Pd-Cu la décroissance, encore mal connue, paraît être du même ordre. Je me suis demandé si cette propriété n'était pas commune à tous les alliages palladium-nickel et indé-

pendante de la concentration en nickel. A cet effet j'ai effectué l'étude thermomagnétique d'alliages ternaires palladium-nickel-cuivre à partir d'un alliage palladium-nickel à 6,9 % de nickel dont le Θ paramagnétique est de + 127° K. J'ai préparé quatre alliages ternaires à 4,7, 10, 13,7, 18,7 % de cuivre. Dans l'intervalle de température exploré, 0 à 800° C, la susceptibilité suit une loi de Curie-Weiss à 1 % près. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Alliage.		Θ (°K).	C_m moléculaire.
PdNi	6,9 % de Ni	127	246
PdNiCu	+ 4,75 % de Cu	+ 63	214
»	9,8 % de Cu	+ 10	193
»	13,7 % de Cu	− 33	178
»	18,7 % de Cu	−100	160

On constate que le Θ paramagnétique des palladium-nickel décroît de 240° C quand on ajoute 20 % d'électrons *s*, à peine plus que dans les Ni-Cu. La constante de Curie décroît linéairement et semble s'annuler pour 60 % d'électrons *s*.

Ces résultats peuvent s'interpréter si l'on admet que le Θ paramagnétique des palladium-nickel se compose de deux termes, l'un positif et l'autre négatif. Dans cette éventualité, la composante positive serait détruite par l'adjonction de métaux diamagnétiques donneurs d'électrons *s*. L'autre composante varierait suivant une loi hyperbolique en fonction de la concentration en nickel comme il résulte de l'étude des palladium-nickel (4). Ces deux composantes pourraient provenir de deux mécanismes différents de couplage des moments élémentaires. L'hypothèse d'un couplage par l'intermédiaire d'électrons *s* semi-liés n'est pas à rejeter ainsi que le montrent les mesures d'effet Hall (5). Il est à noter qu'on n'observe pas de proportionnalité entre le Θ et la constante de Curie. Dans les alliages étudiés, le Θ paramagnétique passe d'une valeur positive + 120 à une valeur négative — 100 par adjonction de cuivre alors que la constante de Curie reste finie. On peut donc se demander s'il existe réellement une liaison entre le nombre de porteurs et la valeur du Θ ainsi que le suppose la théorie des bandes.

(*) Séance du 26 novembre 1956.
(1) *Ann. Phys.*, **17**, 1932, p. 371.
(2) *Ann. Phys.*, 12e série, **7**, 1952, p. 317.
(3) *Thèse*, École Polytechnique de Zurich, 1916.
(4) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1613.
(5) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1105.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Cavité métrique et décimétrique à accord linéaire.* Note (*) de MM. **Claude Brot** et **Alain Soulard**, présentée par M. Jean Cabannes.

Il est connu qu'une cavité électromagnétique comportant une capacité localisée interne peut résonner à des longueurs d'onde beaucoup plus grande que ses dimensions géométriques. Différents auteurs ([1]), ([2]), ([3]), ([4]) ont construit sur ce principe des cavités accordables en rendant réglable mécaniquement ladite capacité localisée. Celle-ci était en général constituée par un petit condensateur plan (« air gap ») formé par une solution de continuité ménagée dans le conducteur central d'une capacité coaxiale. Le déplacement axial de l'un des deux tronçons du conducteur central permettait de régler la capacité du petit condensateur plan.

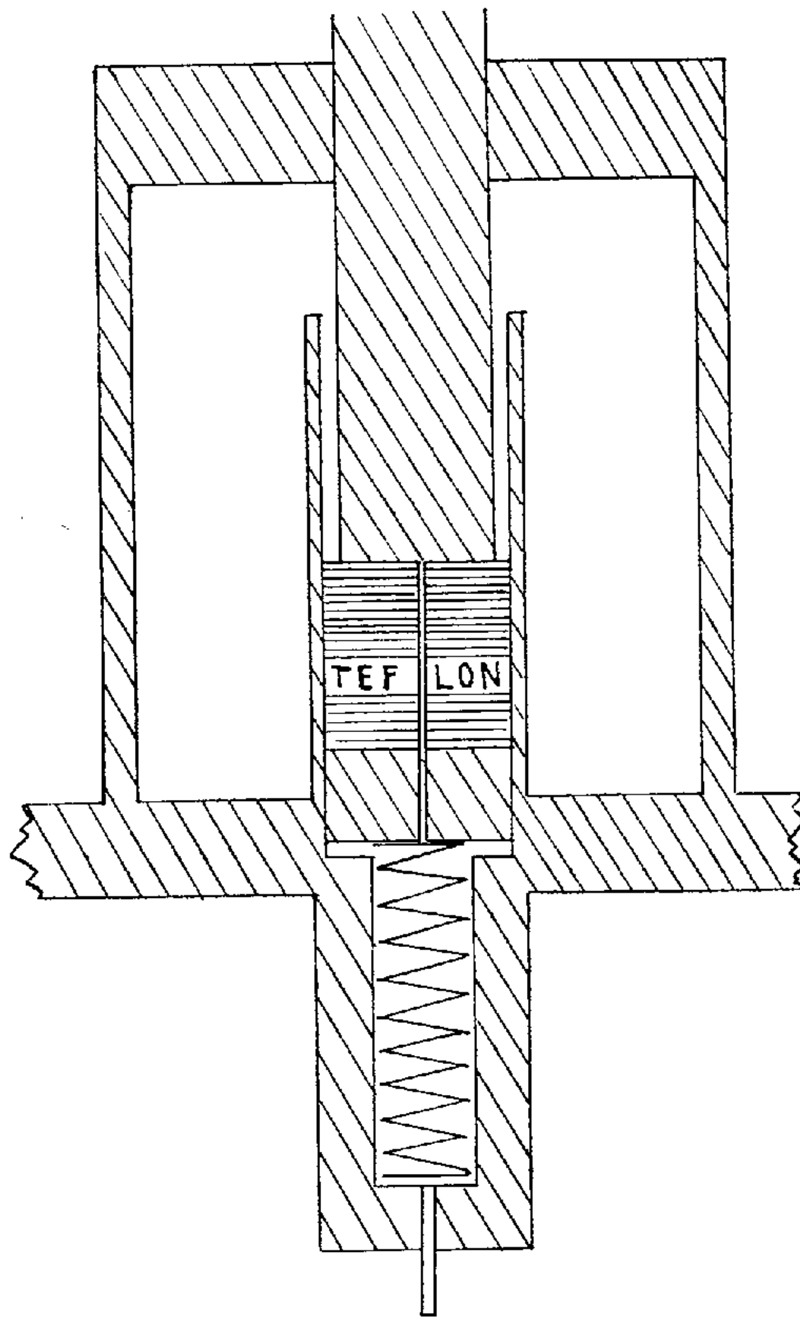


Fig. 1.

L'inconvénient de ces dispositifs est qu'un tel déplacement axial s'accompagne d'une variation de la self de l'ensemble du circuit équivalent.

En outre le champ électrique présente des distorsions sur les bords du condensateur plan.

Plus récemment M. Magat et M. Bruma [5] ont réussi à compenser partiellement ces effets de bords grâce à une capacité localisée composite (plane-coaxiale).

Nous avons développé une cavité (*fig.* 1) éliminant les deux inconvénients ci-dessus :

1° La capacité localisée est constituée par un condensateur coaxial réglable constitué par un cylindre fixe et un piston mobile disposés selon

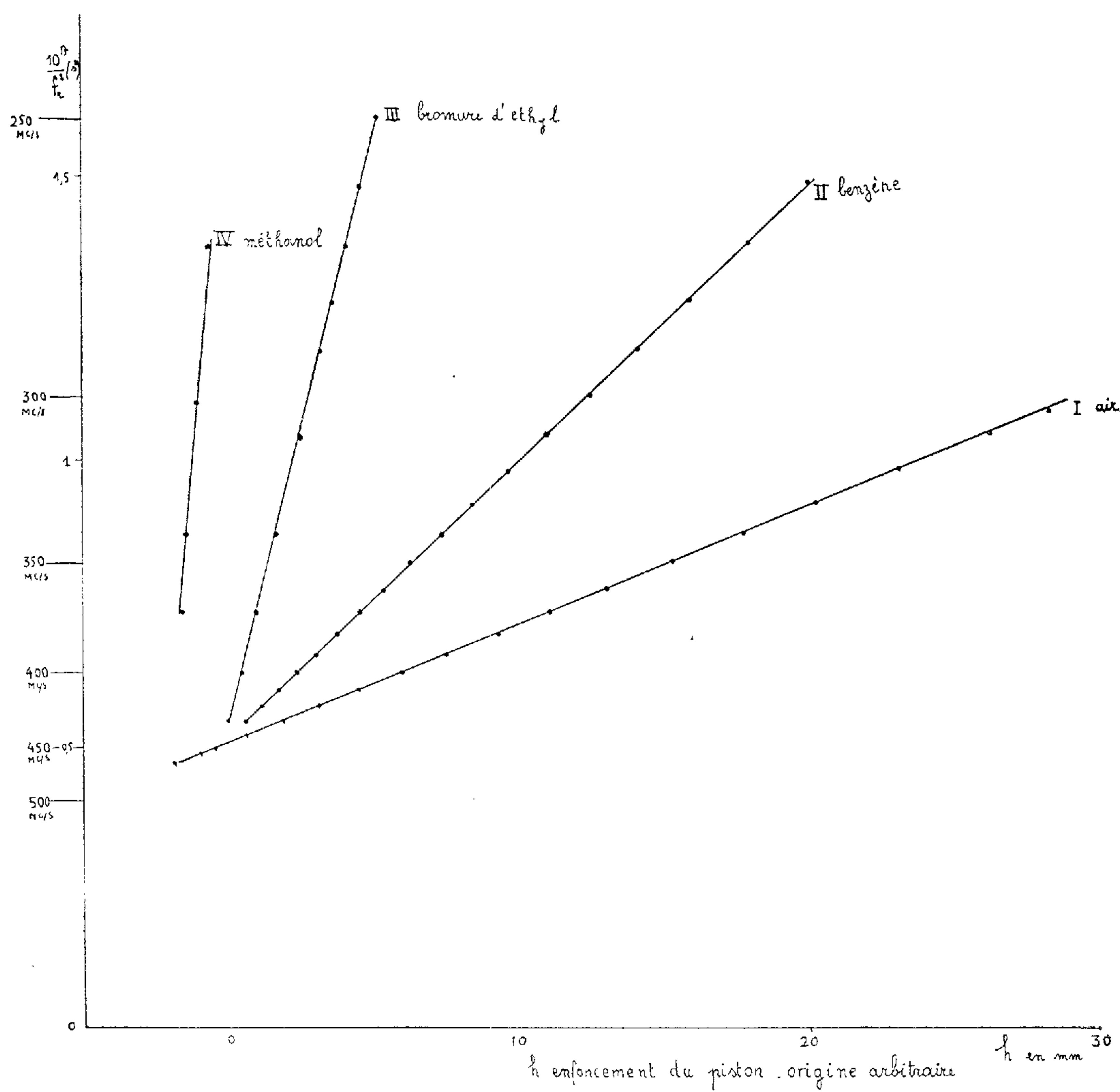


Fig. 2.

l'axe de la cavité; suivant ce montage la self répartie de l'ensemble n'est pas sensiblement modifiée lorsqu'on déplace le piston.

2° Pour que les effets de bords restent les mêmes sur la capacité localisée par toutes les positions du piston, celui-ci déplace avec lui, contre l'action d'un ressort, un piston libre isolateur en teflon suivi d'un fond métallique mobile. La capacité d'effet de bord reste ainsi constante, comme d'ailleurs la capacité répartie de la cavité.

La fréquence d'accord f_r du résonateur ainsi constitué a été relevée, pour différentes positions du piston, à l'aide d'un générateur Ferisol L 501 (250 à 900 Mc/s), le couplage de la cavité s'effectuant par boucles et la détection par cristal.

La courbe I de la figure 2 a ainsi été obtenue avec un piston de 27 mm de diamètre (cylindre : 33 mm) ; c'est une droite en f_r^{-2} (avec une précision égale à celle des mesures, quelques pour-mille près), comme ce doit être le cas si la self et les effets de bords restent constants.

On peut d'ailleurs modifier la pente de cette droite ainsi que la gamme des fréquences d'accord, en modifiant le diamètre du piston ou en introduisant un diélectrique entre le piston et le cylindre. C'est ainsi que les droites II, III, IV ont été obtenues respectivement avec du benzène, du bromure d'éthyle et du méthanol (ces corps ne dispersent pratiquement pas aux fréquences utilisées). Le rapport des pentes de chacune de ces droites à celle de la droite I est égal à la constante diélectrique du corps correspondant. On dispose ainsi d'une méthode de mesure des constantes diélectriques dans une gamme de fréquences considérée généralement comme peu commode. Cette méthode, que nous comptons développer en utilisant un fréquencemètre de précision, semble pouvoir s'adapter à la mesure de ε'', et fera l'objet d'une publication ultérieure.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) C. N. Works, T. W. Dakin et F. W. Boggs, *Trans. Amer. Inst. Électr. Eng.*, 63, 1944, p. 1092 ; *Proc. Inst. Radio Eng.*, 33, 1945, p. 245.

(2) C. N. Works, *J. Appl. Phys.*, 18, 1947, p. 605.

(3) S. I. Reynolds, *Gen. Électr. Rev.*, 30, 1947. p. 34.

(4) J. V. L. Parry, *Proc. Inst. Électr. Eng.*, 3, G. B. 98, 1951, p. 303.

(5) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2413.

ÉLECTRONIQUE. — *Systèmes non linéaires de deuxième ordre. Applications à l'Électronique.* Note (*) de M. **Lefteri Sideriades**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Étude mathématique.* — Les systèmes non linéaires envisagés sont de la forme

$$[m]\Gamma + [f]V + [F](Z - Z_0) = 0, \quad (1)$$

où $[m]$, $[f]$, $[F]$ sont des matrices carrées dont les éléments sont des fonctions

analytiques de l'affixe, indépendantes du temps; Γ, V, Z sont respectivement l'accélération, la vitesse et le déplacement. Un système de la forme (1) est équivalent à

$$(2)\qquad \frac{dx}{u}=\frac{dy}{v}=\frac{du}{\frac{U}{W}}=\frac{dv}{\frac{V}{W}}=dt,$$

U, V étant des formes linéaires en u, v (W = const., car $[m]$ = const).

L'application des méthodes topologiques de résolution au système dynamique des vitesses (2) permet d'associer à tout point $M(x, y)$ du plan une congruence des vitesses de nature exclusivement focale, nodale ou à col, à cause de la forme linéaire des U, V. Si l'on considère le système dénué de masse, soit encore

$$(3)\qquad \frac{dx}{X}=\frac{dy}{Y}=\frac{dt}{T}.$$

l'étude du système (1) met en évidence du point de vue vitesse pour les intégrales complètes la composition de deux vecteurs :

— un vecteur vitesse *d'entraînement* $\vec{V}_1$, attaché aux systèmes (3) du 1[er] ordre dont les intégrales servent de support;

— un vecteur vitesse *relative* $\vec{V}_2$ par rapport à $M(x, y)$, attaché au système (2) et tributaire des éléments du 2[e] ordre (ou de la masse).

Les intégrales, en projection sur le plan xy forment une famille à trois paramètres. On peut aisément réaliser la correspondance du plan à l'hyperespace (x, y, u, v) en considérant la congruence précédente comme tracée sur un hypercone de sommet M.

L'étude des lignes singulières met en évidence d'intéressantes propriétés. Par exemple, dans le cas d'une congruence focale, ces lignes sont les courbes où le vecteur $\vec{V}_1$ est compris entre deux bornes maxima et minima. Enfin, on peut par une théorie des points doubles de la congruence, déterminer les conditions que doivent satisfaire les intégrales du premier ordre pour être solutions du système complet; ces conditions se traduisent par l'existence de zone d'interdiction pour l'affixe.

2. *Applications.* — Un système du type (1) ne conserve son entière signification que dans une région déterminée du plan que nous appellerons *zone active*. L'application à des systèmes réels de nature physique montre en effet l'existence d'une *zone de fonctionnement* groupant, outre la zone active, des *zones d'excitation* à dégénérescence partielle ou totale des paramètres composant les matrices $[m]$, $[f]$ ou $[F]$. D'autre part, la limitation d'énergie fournie par les sources continues limite la zone de fonctionnement, supérieurement par une *zone de saturation*, inférieurement par une *zone d'évanouissement*.

L'étude des systèmes couplés à mutuelles inductances ([1]) montre l'existence de trois types d'oscillateurs :

— un gyroscope pour des couplages alternés;
— un va-et-vient pour des couplages négatifs;
— un multivibrateur gyroscopique pour des couplages positifs.

Le multivibrateur gyroscopique répond au système

$$\frac{L_k}{M_i} C_k \ddot{u}_i + \frac{L_k}{M_i r'_k} \dot{u}_i + \frac{a_k}{\rho_{0k} u_{0k}} u_k \dot{u}_k + \frac{u_i^*}{M_i} = 0. \tag{4}$$

Celui d'Abraham est régi par le système

$$\gamma_i \ddot{u}_i + \frac{1}{r'_k} \dot{u}_i + \frac{a_k}{\rho_{0k} u_{0k}} u_k \dot{u}_k + \frac{u_i^*}{r'_k R_k C_k} = 0. \tag{5}$$

Ces deux types de multivibrateurs, répondant aux mêmes équations formelles (ce qui conserve l'analogie formelle des courbes intégrales) présentent cependant une différence profonde dans leur fonctionnement.

L'accélération de l'affixe au voisinage de la courbe de choc ($T = 0$), peu marquée pour le multivibrateur gyroscopique, revêt l'aspect d'une véritable discontinuité pour le multivibrateur d'Abraham. Les observations et les résultats d'expériences nous ont conduit à la conclusion théorique suivante.

Le critère de discontinuité de ce type d'oscillations, dites « de déferlement » semble être la variation de vitesse angulaire du vecteur $\vec{V}_2$, couramment de l'ordre de 100 à 1000 fois plus grande dans le cas de l'équation (5) (*fig.* 1).

L'existence de la capacité parasite γ, dont dépend $\vec{V}_2$, est déterminante, car elle permet le choc. Elle détermine aussi la masse du système et son évolution ultérieure après le choc. Au moment du choc, l'énergie emmagasinée sous la forme potentielle $(1/2)\,C_i V^2$ pendant le blocage d'une lampe, se transforme en énergie cinétique $(1/2)(C_k + \gamma_k)V_0^2$. La vitesse initiale V_0 (condition initiale pour $\vec{V}_2$) détermine l'amplitude de la trajectoire suivie par l'affixe et sa limitation, en liaison avec la vitesse d'entraînement $\vec{V}_1$ (de signe contraire) dans la zone d'excitation correspondante (zone de blocage de l'autre lampe).

(*) Séance du 29 octobre 1956.
(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1784.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Les aberrations géométriques dans les lentilles à focalisation forte.* Note de MM. **Michel-Yves Bernard** et **Jean Hue**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous établissons les équations des trajectoires au troisième ordre près, ce qui permettra de décrire les aberrations géométriques de nos lentilles. Nous comparons les lentilles électriques aux lentilles magnétiques dont les équations ne sont plus, comme au premier ordre, formellement identiques.

1. L'étude des trajectoires gaussiennes dans les lentilles à focalisation forte ([1]) a montré ([2]) qu'un pinceau incident isogène s'appuie dans l'espace image sur deux focales infiniment minces.

Nous nous proposons d'étudier l'approximation supérieure. Pour intégrer les équations des trajectoires dans ce cas, nous utilisons une méthode de perturbation posant X et Y pour l'approximation gaussienne et $x = X + \varepsilon$; $y = Y + \eta$, pour celle que nous étudions.

En utilisant les notations d'un travail antérieur ([3]), le développement limité au quatrième ordre du potentiel électrique Φ, se met sous la forme

$$(1) \qquad \Phi = \Phi_1\left[k(z)(x^2 - y^2) - \frac{k''}{12}(x^4 - y^4)\right].$$

Dans les lentilles magnétiques une rotation des axes précédents (45° autour de Oz) permet de découpler les équations du premier ordre ([4]); le potentiel scalaire prend alors la forme

$$\Psi = \Psi_1\left[2k(z)\,UV - \frac{k''}{6}UV(V^2 + U^2)\right].$$

A. Septier ([5]) a fait des mesures très précises de la fonction $k(z)$ dans une lentille magnétique. Constante à l'intérieur des lentilles, elle décroît rapidement aux extrémités, seules régions dans lesquelles le potentiel contiendra des termes du quatrième ordre.

Les équations (1) et (2) montrent que la forme des pièces polaires ou des électrodes n'est pas un facteur déterminant de l'allure du potentiel. C'est seulement au sixième ordre qu'elle interviendrait.

2. Dans les lentilles électrostatiques, les équations gaussiennes s'écrivent

$$(3) \qquad X'' + \alpha^2 kX = 0, \qquad Y'' - \alpha^2 kY = 0. \qquad \alpha^2 = \frac{\Phi_1}{\Phi_0}$$

(dérivées par rapport à z; Φ_0 est le potentiel d'accélération des particules incidentes).

Les plans Oxz et Oyz contiennent les trajectoires planes; au troisième ordre on a

$$(4) \qquad \begin{cases} \varepsilon'' + \alpha^2 k\varepsilon = -\alpha^2\Big[k(3XX'^2 - 2Y'X'Y + Y'^2X) \\ \qquad\qquad + \dfrac{k'}{2}X'(X^2 - Y^2) - \alpha^2 k^2 X(X^2 - Y^2) - \dfrac{k''}{6}X^3\Big], \\ \eta'' - \alpha^2 k\eta = \alpha^2\Big[k(3YY'^2 - 2Y'X'X + YX'^2) \\ \qquad\qquad + \dfrac{k'}{2}Y'(X^2 - Y^2) - \alpha^2 k^2 Y(X^2 - Y^2) - \dfrac{k''}{6}Y^3\Big]. \end{cases}$$

Dans une lentille magnétique on a, au premier ordre

$$(3')\qquad X'' + \beta^2 k X = 0, \qquad Y'' - \beta^2 k Y = 0, \qquad \beta^2 = \frac{\mu_0 \psi_1}{\sqrt{\Phi_0}} \sqrt{\frac{2e}{M}}$$

et au troisième ordre :

$$(4')\qquad \begin{cases} \varepsilon'' + \beta^2 k \varepsilon = -\beta^2 \left[k \left(\dfrac{3XX'^2 + XY'^2}{2} - X'Y'Y \right) - XYY'k' - \dfrac{k''}{12}(X^3 + 3XY^2) \right], \\ \eta'' - \beta^2 k \eta = \beta^2 \left[k \left(\dfrac{3YY'^2 + YX'^2}{2} - X'Y'X \right) - XYX'k' - \dfrac{k''}{12}(Y^3 + 3YX^2) \right]. \end{cases}$$

Les plans Oxz et Oyz correspondant toujours aux trajectoires planes sont ici les plans asymptotes des pièces polaires des lentilles.

3. A cette approximation supérieure on voit qu'il n'est plus possible de confondre la vitesse axiale $(\dot{z})$ avec la vitesse v de la particule. C'est là d'ailleurs l'origine principale des termes d'aberration. En outre, dans la lentille électrostatique, cette vitesse n'est plus constante ce qui explique la présence d'un terme supplémentaire d'aberration. Le potentiel, au quatrième ordre, n'introduit qu'un ou deux termes qui ne font sentir leur influence qu'aux extrémités.

On peut, comme il est classique, exprimer les aberrations $\varepsilon_1 = x_1 - X_1$, $\varepsilon'_1 = x'_1 - X'_1$, etc. dans un plan z_1 en fonction des conditions initiales x_0, y_0; x'_0, y'_0 prises dans un certain plan origine z_0 et développer ces fonctions en séries, *a priori*.

La symétrie quadrupolaire des lentilles montre alors que les aberrations sont du troisième ordre et la symétrie par rapport au plan contenant les trajectoires planes permet de réduire les 80 coefficients primitifs à 40.

$$\begin{aligned} \varepsilon = {} & x_0 (a_1 x_0^2 + a_{10} y_0'^2 + a_9 x_0'^2 + a_4 y_0^2 + a_7 y_0 y'_0) \\ & + x'_0 (a_2 x_0'^2 + a_3 x_0^2 + a_5 y_0^2 + a_6 y_0'^2 + a_8 y_0 y'_0), \\ \varepsilon' = {} & x_0 (b_1 x_0^2 + b_{10} y_0'^2 + b_9 x_0'^2 + b_4 y_0^2 + b_7 y_0 y'_0) \\ & + x'_0 (b_2 x_0'^2 + b_3 x_0^2 + b_5 y_0^2 + b_6 y_0'^2 + b_8 y_0 y'_0). \end{aligned}$$

Et des formes analogues pour η et η'.

Nous avons confié à une machine électronique le calcul numérique de ces coefficients dans le cas d'une lentille magnétique dont la répartition des champs a fait l'objet de mesures récentes ([5]). Le dépouillement de ces résultats est en cours et fera l'objet d'une publication ultérieure.

([1]) E. Courant, M. S. Livingston et H. S. Snyder, *Phy. Rev.*, 88, 1952, p. 1190.

([2]) M. Y. Bernard, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 902; CERN-PS/MB 1.

([3]) M. Y. Bernard, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 185.

([4]) M. Y. Bernard, *Thèse*, 1953, Masson, Paris.

([5]) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1026.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Calcul de l'induction et de ses dérivées sur l'axe d'une lentille électronique magnétique de révolution.* Note (*) de **M. Michel Laudet**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour étudier la topographie de l'induction B sur l'axe d'une lentille électronique magnétique de révolution [*voir* par exemple (1) et (2)]. La plupart d'entre elles se ramènent en définitive à déduire B de la mesure du flux d'induction $\Phi(a, z)$ qui traverse un cercle de rayon a de même axe que la lentille étudiée. Ce calcul peut être effectué aisément par les méthodes numériques.

On sait en effet que la fonction flux $\Phi(\rho, z)$ dont on connaît les valeurs aux limites $\Phi(a, z)$ et qui obéit à l'équation :

$$(1) \qquad \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2\Phi}{\partial \rho^2} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial\Phi}{\partial\rho} = 0$$

peut être calculée par la méthode des itérations successives dans tout le cylindre d'axe Oz et de rayon a (3). L'induction sur l'axe se calcule ensuite sans difficulté à partir de la relation :

$$(2) \qquad B(z) = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial\rho^2}\right)_{\rho=0}.$$

Appliquée sous cette forme, cette méthode nécessite d'avoir recours aux calculs d'itérations successives et de différentiation numérique pour chaque répartition $\Phi(a, z)$ du flux, c'est-à-dire pour chaque lentille étudiée. Mais il est possible d'effectuer ces calculs une fois pour toutes.

En effet supposons connue la solution du problème dans le cas particulier où $\Phi(a, z) = 0$ pour $r \neq 0$ et $\Phi(a, 0) = 1$ pour $r = 0$ (*fig.* 1 *a*) et soit b_i la valeur de l'induction au nœud M_i du réseau ayant permis la détermination

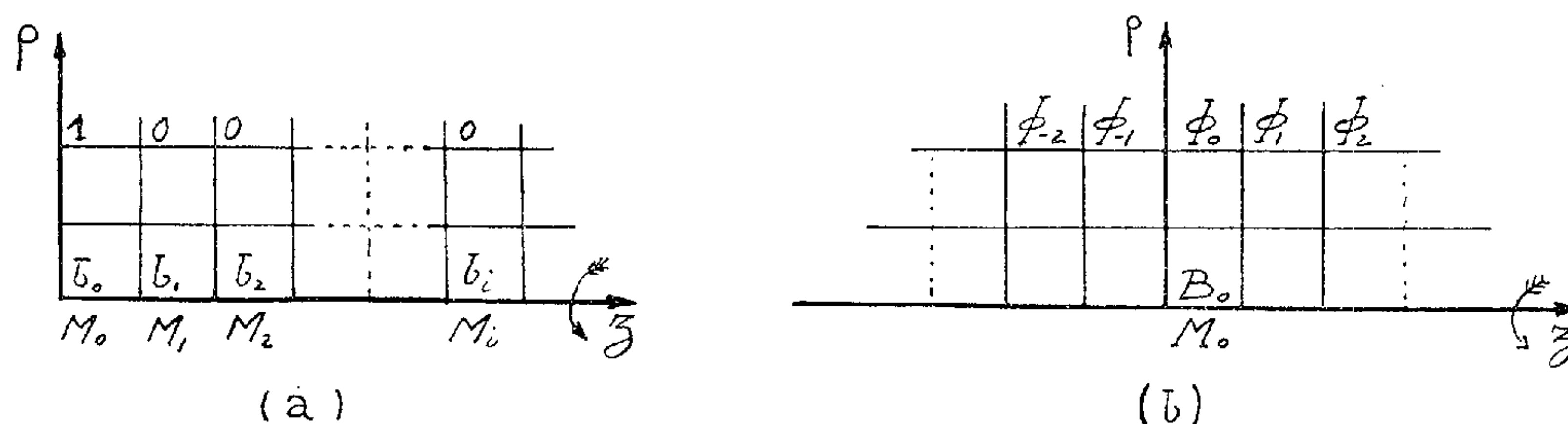


Fig. 1.

de $\Phi(\rho, z)$. On voit alors qu'en vertu du « principe de superposition » l'induction B_0 au point M_0 correspondant aux conditions aux limites indiquées sur la figure 1 *b* s'écrit :

$$B_0 = b_0\Phi_0 + b_1(\Phi_1 + \Phi_{-1}) + b_2(\Phi_2 + \Phi_{-2}) + \ldots.$$

Pour les autres points M_i on obtiendrait, par décalage, des expressions analogues.

Cette méthode se généralise immédiatement au cas des dérivées successives $B' = dB/dz$, $B'' = d^2B/dz^2$ de l'induction sur l'axe.

10^5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33725	12336	5241	2541	1365	790	481	303	196	129	86	57	39	26	18	12	8	6	4	3	2	1	1	1	0	0	0
14951	9823	5766	3371	2018	1244	787	508	333	221	148	100	67	46	31	21	15	10	7	5	3	2	1	1	1	0	0
8040	6597	4666	3121	2051	1346	888	590	395	266	180	122	83	57	39	26	18	12	8	6	4	3	2	1	1	1	0
4744	4257	3353	2460	1738	1205	827	566	387	264	181	124	85	58	40	27	19	13	9	6	4	3	2	1	1	1	0
2854	2662	2232	1743	1300	941	669	470	327	227	157	108	75	51	35	24	17	11	8	5	4	3	2	1	1	1	0
1856	1573	1369	1114	864	647	473	339	241	169	118	82	57	39	27	19	13	9	6	4	3	2	1	1	1	0	0
870	835	743	622	495	380	284	207	149	106	75	52	36	25	17	12	8	6	4	3	2	1	1	1	0	0	0
369	356	321	274	222	173	131	97	71	51	36	25	18	12	9	6	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0
89	87	79	68	56	44	34	25	18	13	10	7	5	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 2.

Nous donnons sur la figure 2 les valeurs de la fonction flux aux nœuds du réseau utilisé dans la méthode des itérations successives, et dans le tableau celles de b, db/dz, d^2b/dz^2 calculées par différentiation numérique à partir des valeurs de Φ.

$10\frac{z}{a}$.	$10^6 a^2 b$.	$-10^5 a^3 b'$.	$10^4 a^4 b''$.	$10\frac{z}{a}$.	$10^6 a^2 b$.	$-10^5 a^3 b'$.	$10^4 a^4 b''$.
0	28 145	0	−1 775	16	358	133	47
1	27 277	1 696	−1 546	17	246	93	35
2	24 890	2 983	− 994	18	169	63	24
3	21 514	3 665	− 376	19	116	44	17
4	17 751	3 779	118	20	79	30	12
5	14 090	3 492	424	21	54	20	8
6	10 838	2 992	552	22	37	15	5
7	8 128	2 427	563	23	24	11	4
8	5 975	1 890	503	24	16	6	3
9	4 323	1 428	420	25	11	4	2
10	3 090	1 054	329	26	7	3	1
11	2 187	765	252	27	4	2	1
12	1 537	547	186	28	2	1	0
13	1 074	388	135	29	1	0	0
14	747	273	97	30	0	0	0
15	518	190	68	31	0	0	0

Pour avoir une idée de la précision de cette méthode, nous avons calculé l'induction et ses dérivées premières et secondes sur l'axe d'une spire de rayon

c à partir des valeurs de $\Phi(a, z)$, calculées sur un cylindre de rayon $a = c/2$. [4]

Les erreurs relatives sur B, B′ et B″ ainsi calculées sont respectivement inférieures à $0{,}2.10^{-2}$, $0{,}8.10^{-2}$ et 1.10^{-2}.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) M. V. MENTS et LE POOLE, *Appl. Research*, vol. B, 1947.

(2) C. FERT et P. GAUTIER, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 148.

(3) E. DURAND, *Électrostatique et Magnétostatique*, Masson et Cie, Paris, 1953, p. 461.

(4) M. LAUDET, *Journal de Physique et le Radium* (*à paraître*).

OPTIQUE. — *Détermination du pouvoir réflecteur du verre à base de pentaséléniure d'arsenic.* Note (*) de Mlle **GINETTE DEWULF** et M. **FRANÇOIS GANS**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'un d'entre nous a décrit par ailleurs (1), la préparation de verres à base de composés binaires de sélénium et d'arsenic, notamment de pentaséléniure d'arsenic, et a déterminé la courbe de transmission de ce dernier entre 1 et 15 μ. Ce verre, d'aspect noir et brillant, possède entre 2 et 15 μ, et même 18 μ comme cela a été déterminé par la suite, une transparence comprise entre 0,65 et 0,70.

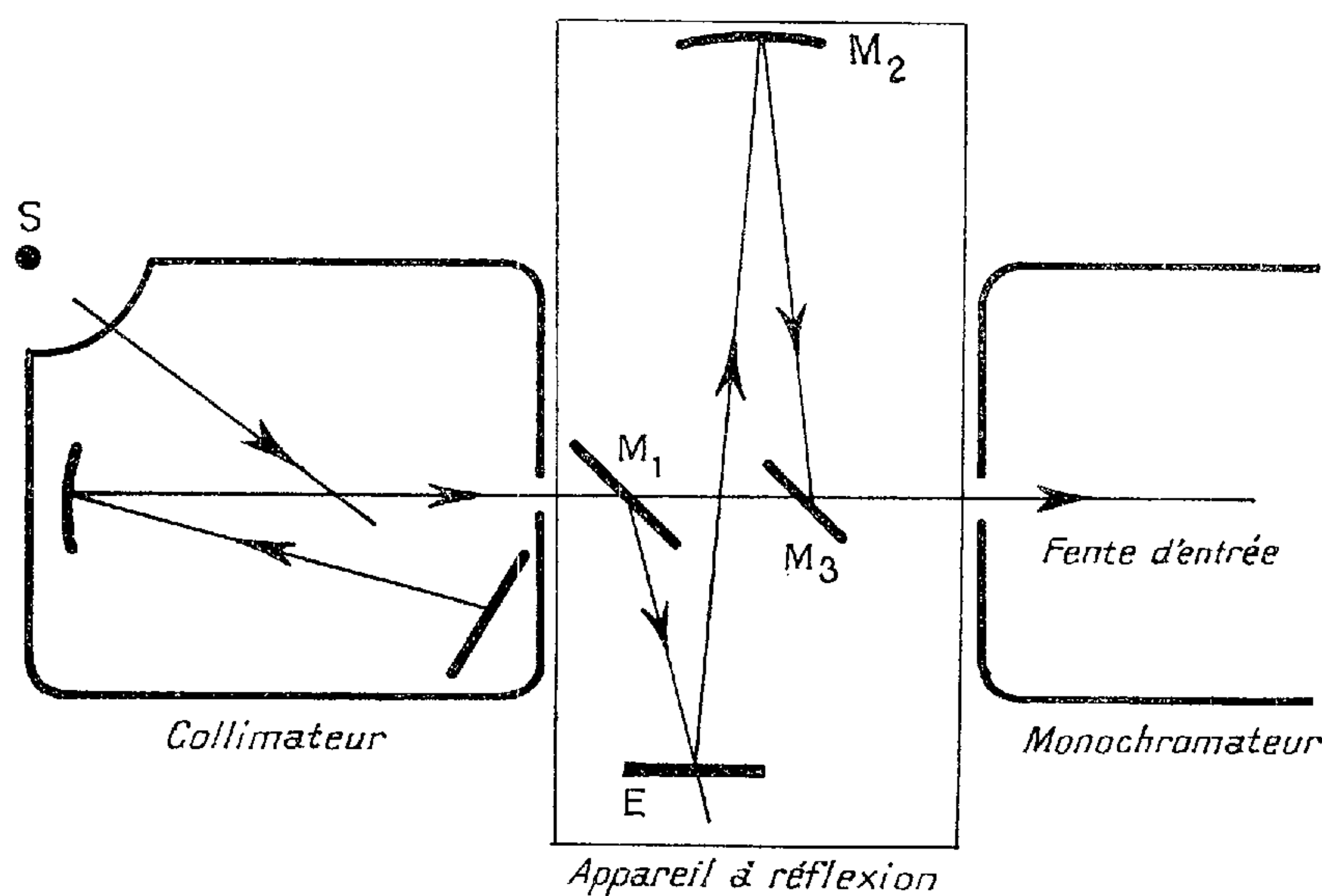


Fig. 1.

Nous en avons déterminé le pouvoir réflecteur à l'aide de deux échantillons, l'un à faces parallèles, et l'autre en forme de prisme. Dans le premier cas on mesure un pouvoir réflecteur apparent R, résultant de la combinaison de l'effet des réflexions sur les deux faces; dans le second cas on mesure directement le

pouvoir réflecteur vrai r. Les mesures ont été faites sur un spectrophotomètre Perkin-Elmer, double passage, sur lequel on a adapté un dispositif additionnel réalisé au laboratoire. Nous nous contenterons d'indiquer rapidement le principe de ce dispositif qui sera décrit en détail ultérieurement ([2]).

Le faisceau lumineux se dirigeant vers la fente du spectrophotomètre est intercepté par un miroir plan M_1, incliné d'un angle légèrement supérieur à 45° sur la direction moyenne du faisceau. On forme l'image de la source sur l'échantillon E dont on se propose de mesurer le pouvoir réflecteur. L'échantillon est disposé de façon que les angles d'incidence et de réflexion de la direction moyenne du faisceau soient tous deux très voisins d'un angle droit. Cette image, reprise par le système optique composé du miroir sphérique M_2 et du miroir plan M_3, vient se former à nouveau sur la fente d'entrée du spectrophotomètre.

On a comparé successivement le pouvoir réflecteur des échantillons à ceux de deux miroirs de référence, l'un en or, l'autre en aluminium. Le pouvoir réflecteur, r, du verre au pentaséléniure d'arsenic étant relativement peu élevé, on a, afin d'améliorer la précision de la méthode, interposé sur le trajet lumineux une grille étalonnée, lors des mesures sur le miroir de référence. La transparence de cette grille est égale à 0,24 pour les longueurs d'onde inférieures à 10 μ, et s'abaisse alors régulièrement pour atteindre 0,22 à 15 μ.

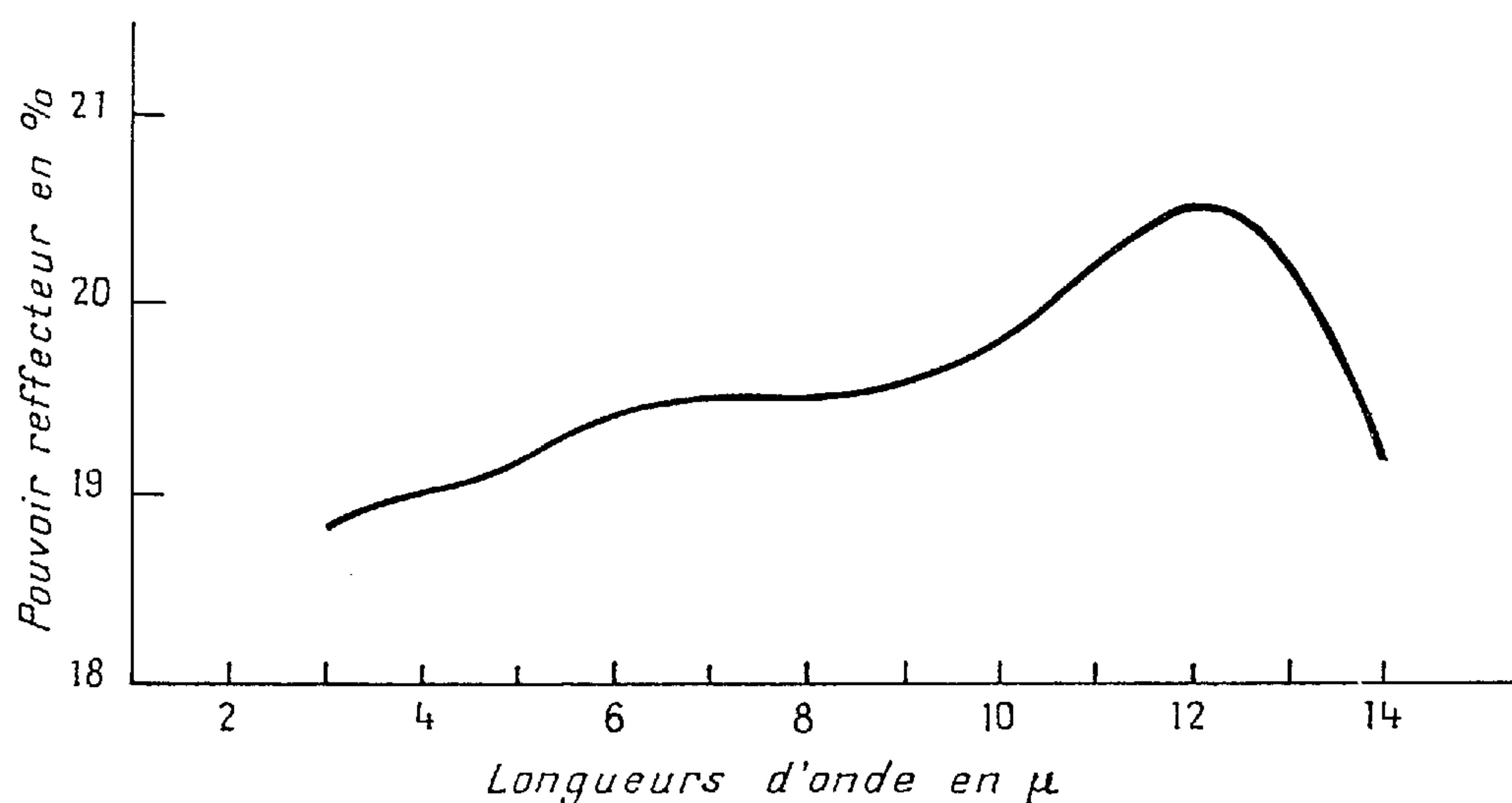


Fig. 2.

Les déterminations des pouvoirs réflecteurs aux différentes longueurs d'onde, r_λ, mesurés directement sur l'échantillon prismatique, ou déduits du pouvoir réflecteur apparent R_λ, à partir de la relation

$$R_\lambda = r_\lambda \left[1 + \frac{(1 - r_\lambda)^2}{1 - r_\lambda^2} \right]$$

fournissent des résultats tout à fait concordants d'après lesquels on peut tracer la courbe ci-contre, où l'on a porté les variations de r_λ en fonction de la longueur d'onde λ. La demi-ouverture du faisceau étant faible (de l'ordre de 10°), tous les rayons se réfléchissant sur l'échantillon tombent sous une incidence voisine de la normale. On peut appliquer sans erreur notable la formule de Fresnel :

$$r = \frac{(n-1)^2}{(n+1)^2}$$

liant les pouvoirs réflecteurs sous incidence normale à l'indice de réfraction du milieu. La valeur moyenne de l'indice de réfraction ainsi trouvé est de 2,57. Elle varie très peu avec la longueur d'onde entre 2 et 15 μ.

On remarquera que le pouvoir réflecteur apparent est de l'ordre de 0,32 et que les valeurs de la transmission mesurée sont comprises entre 0,65 et 0,70. On peut en conclure que la fraction du flux de rayonnement non transmise par une lame à faces parallèles est réfléchie presque intégralement, et que dans la région de transparence de ce verre, l'absorption est pratiquement négligeable ce qui justifie l'emploi de la formule de Fresnel en termes réels.

(*) Séance du 19 novembre 1956.
(1) *Revue d'Optique*, 33, n° 10, 1954.
(2) Appareil réalisé en collaboration avec MM. O. Deutschbein et J. Vagner.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Sur la cohérence du phénomène de diffusion multiple de la lumière en résonance optique*. Note de Mlle **Marie-Anne Guiochon**, MM. **Jacques-Émile Blamont** et **Jean Brossel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les faits rapportés ci-après sont relatifs aux propriétés de la vapeur de mercure éclairée par la raie de résonance optique 2537 Å. Les pressions utilisées correspondaient aux tensions de vapeur saturante pour des températures comprises entre — 35 et + 20° C.

Le calcul de la forme des raies de résonance magnétique correspondant à des transitions entre sous-niveaux Zeeman d'un état atomique excité (état $6\,^3P_1$ de Hg) a été effectué par J. Brossel et F. Bitter (1). Les mesures qu'ils ont effectuées ont donné un accord remarquable entre les formes observées et les formules théoriques. Cela les a conduit à proposer comme particulièrement sûre une méthode de mesure des durées de vie basée sur l'étude de la largeur des raies de résonance magnétique lorsque l'intensité H_1 du champ de radiofréquence est très faible; cette largeur est alors égale à la somme des largeurs naturelles des niveaux entre lesquels se produit la transition. Cependant la valeur T_e obtenue par ces auteurs pour le niveau $6\,^3P_1$ est $1,55.10^{-7}$ s dans la

vapeur de mercure à 0° C, en désaccord avec les valeurs précédemment obtenues par d'autres méthodes ([2]).

Nous avons repris les expériences avec les résultats suivants : Le paramètre T_e obtenu à partir de la méthode précédente ne mesure en général pas la durée de vie. Il dépend des conditions d'excitation, de la géométrie du montage et de la température à laquelle on opère. Chaque fois que les conditions sont telles que la diffusion multiple est importante ([3]), le paramètre T_e est grand.

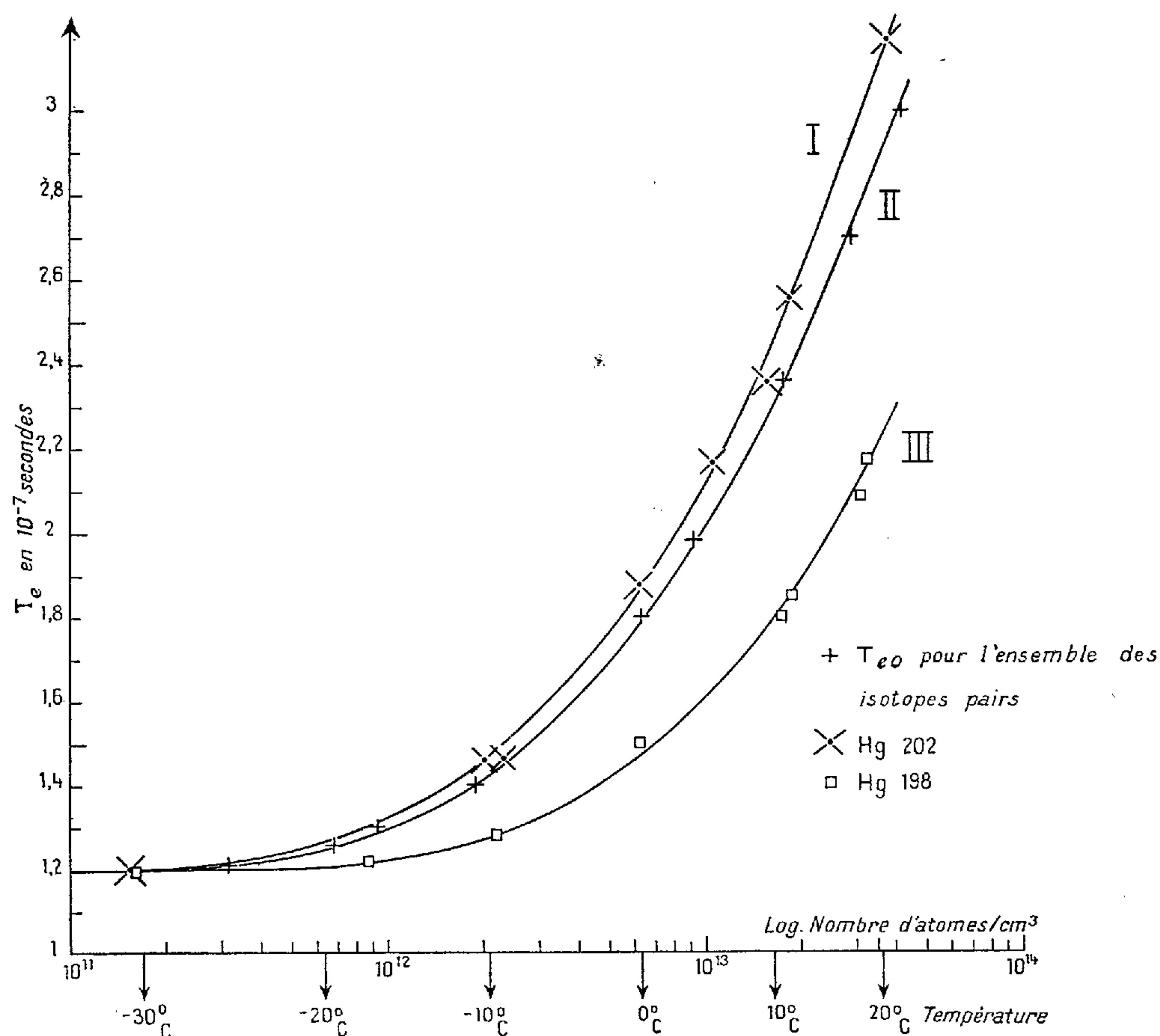


Fig. 1.

La figure 1 représente le résultat de nos mesures. En ordonnées T_e, en abscisses log N, N étant le nombre total d'atomes de mercure par centimètre cube pour la cellule de résonance ([4]).

La courbe I représente, dans le mercure naturel, le paramètre $^{202}T_e$ lorsque la résonance observée est due à l'isotope 202 seul (vapeur éclairée par une source de ^{202}Hg pur). La courbe III représente $^{198}T_e$ et la courbe II, T_e mesuré pour l'ensemble des isotopes pairs (source de type « narrow line »). T_e croît avec la température, est plus grand, à température donnée, pour l'iso-

tope le plus concentré, et tend vers une valeur commune pour tous les isotopes au-dessous de -20° C. Les collisions et la diffusion multiple ont alors une importance négligeable. La valeur obtenue $\tau = 1,19.10^{-7}$ s est la durée de vie du niveau $6\,^3P_1$, en bon accord avec les valeurs données par d'autres auteurs (²). On constate sur la figure 1 que T_e varie de façon tout à fait analogue au temps d'emprisonnement τ' de la raie 2537 mesuré par P. H. Garrett (³). En résumé, les raies de résonance magnétique s'affinent quand la tension de vapeur augmente; la figure 2 montre l'effet quand on compare les réseaux obtenus à -31, 0 et 22° C (les nombres au voisinage de chaque courbe indiquent l'amplitude H_1 du champ de radiofréquence). On observe donc des raies dont la largeur est très inférieure à ce que la largeur naturelle des réseaux laisse

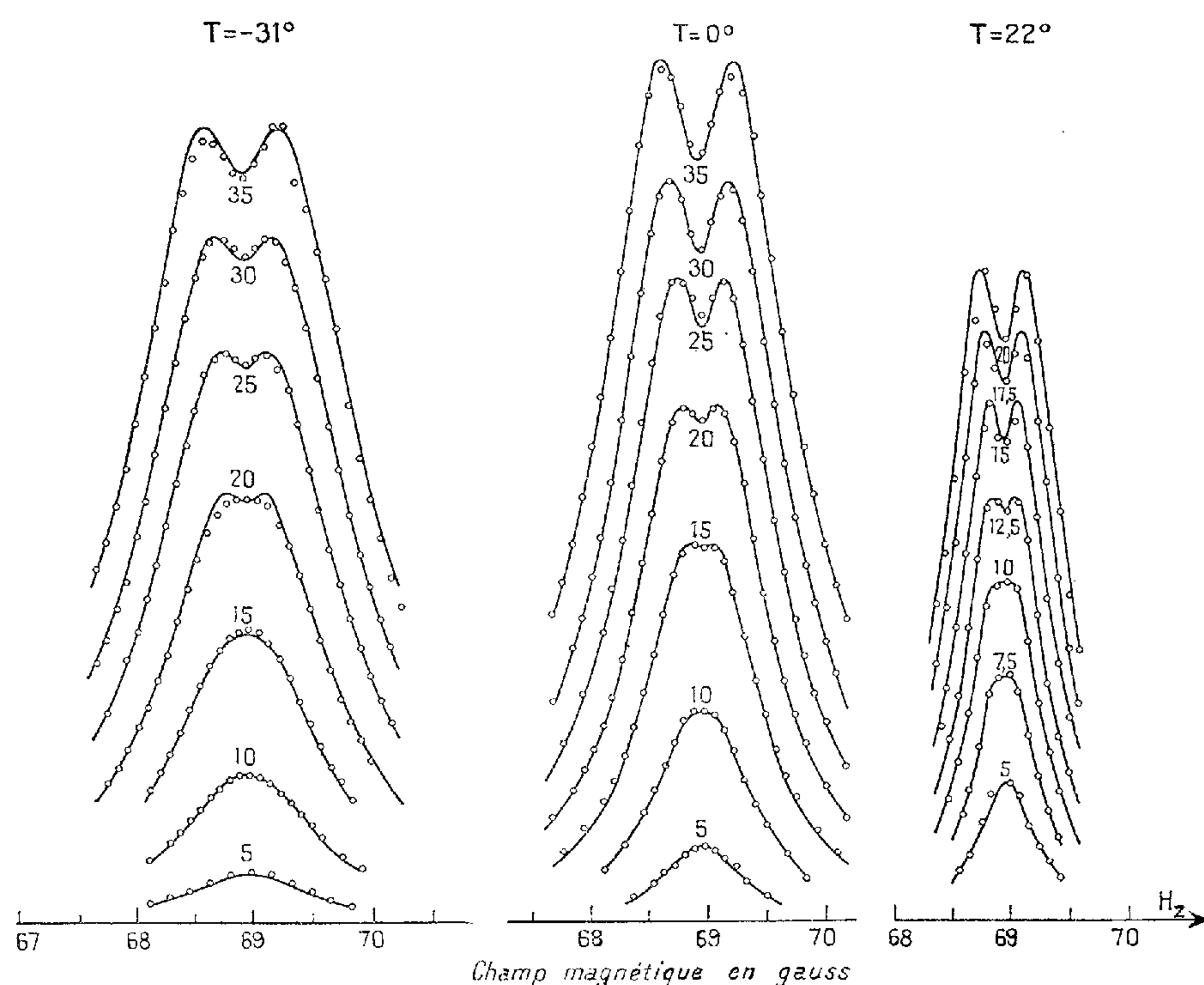


Fig. 2.

prévoir : les mécanismes déterminant T_e ont une durée de cohérence plus grande que la durée de vie τ. On peut montrer que les collisions entre les divers isotopes de mercure ne jouent aucun rôle dans la détermination de T_e. Les courbes I et III (*fig.* 1), se déduisent en effet l'une de l'autre par une translation correspondant au rapport des concentrations isotopiques de ^{202}Hg et ^{198}Hg. Si l'on porte $^{198}T_e$ et $^{202}T_e$ en fonction du nombre d'atomes diffusants, tous les points tombent sur la même courbe : à un nombre d'atomes diffusants égaux, T_e est le même pour tous les isotopes pairs quelle que soit la concentra-

tion des autres isotopes. Ainsi, *les mécanismes produisant* T_e *ne font intervenir qu'un type d'atome et son propre photon de résonance.*

Parmi ces mécanismes, les collisions entre atomes identiques élargissent la raie ([6]). Reste la diffusion multiple dont l'existence est prouvée à ces températures.

On peut montrer qu'une diffusion de type incohérent (où l'on considère les passages d'un photon d'un atome à l'autre comme des processus indépendants) élargit nécessairement la raie et qu'une diffusion de type cohérent, au contraire, l'affine. Nos observations montrent donc que la diffusion multiple est un processus cohérent. Notons qu'à toutes les températures étudiées, la forme des raies observées est parfaitement représentée par les formules de Brossel-Bitter.

Une étude du taux de polarisation a montré que la dépolarisation de la raie de résonance est due à la diffusion multiple ([7]). Les variations de T_e et du taux de polarisation ont ainsi une origine commune et peuvent se déduire l'une de l'autre.

(1) *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 308.
(2) A. C. G. Mitchell, M. W. Zemansky, *Resonance radiation and excited atoms*, 1934, Cambridge University Press.
(3) T. Holstein, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1212.
(4) Pointdexter, *Phys. Rev.*, 26, 1925, p. 859.
(5) *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 779.
(6) H. A. Lorentz, *Proc. Ams. Acad.*, 18, 1915, p. 134.
(7) N. Rollet, J. Brossel, A. Kastler, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 240.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la diffusion élastique des rayons* γ *de* 2,62 MeV *dans le plomb, le bismuth et l'uranium.* Note de MM. **Philippe Eberhard, Lazare Goldzahl, Eiichi Hara** et **Eugène Alexandre**, présentée par M. Francis Perrin.

Les auteurs donnent le résultat de leurs mesures de la diffusion élastique des rayons γ du ThC″ sous des angles de 25 à 125°. Ils justifient la certitude qu'ils attribuent aux valeurs obtenues.

Poursuivant notre étude de la diffusion des rayons γ par les atomes lourds ([1]), afin de mettre en évidence l'effet de la polarisation du vide, nous avons mesuré les sections efficaces de diffusion élastique des rayons γ de 2,62 MeV par différents atomes, en fonction de l'angle de diffusion. Nous avons trouvé les valeurs suivantes, pour le plomb, le bismuth et l'uranium respectivement.

La mesure de l'intensité du rayonnement diffusé se faisait au moyen d'un spectrographe γ, constitué par un cristal de NaI et un photomultiplicateur E.M.I. 6260. Un écran de plomb de quelques centimètres d'épaisseur filtrait le rayonnement diffusé avant qu'il atteigne le détecteur.

Nature du diffuseur.	Section efficace (cm²/ster).	Angle de diffusion.
Plomb	9.10^{-28}	26°
	3,3 »	35
	1,6 »	46
	7.10^{-29}	58
	5,8 »	71
	4 »	101
	4,8 »	126
Bismuth	$1,7.10^{-28}$	46
	5.10^{-29}	73
	3,8 »	103
	5,3 »	126
Uranium	$1,1.10^{-28}$	25
	4,8 »	34
	2 »	45
	1,3 »	56
	$8,6.10^{-29}$	71
	4,9 »	101
	5,3 »	125

L'impulsion produite dans le photomultiplicateur était analysée, simultanément, dans une voie d'analyse lente et dans une voie d'analyse rapide. Dans la voie lente, la résolution en énergie, définie par la largeur à mi-hauteur du pic photoélectrique des γ de 2,62 MeV, était de 5 % environ. Dans la voie d'analyse rapide, la résolution en temps était de l'ordre de 3.10^{-7} s. Une coïncidence entre les deux voies permettait de relever le spectre des impulsions qui, dans la voie rapide, avaient une amplitude correspondant à plus de 2,2 MeV. Ce système électronique réduisait le phénomène d'empilement d'impulsions sans altérer la résolution en énergie. Le spectre d'impulsions des rayons γ de 2,62 MeV n'était pas modifié par l'introduction de la sélection rapide, pour des amplitudes correspondant à plus de 2,4 MeV.

Nous avons trouvé que le spectre d'amplitude des impulsions produites par la diffusion décroissait rapidement jusqu'à 2,5 MeV, présentait un pic à 2,6 MeV puis tendait vers zéro au-delà de 2,7 MeV. Excepté pour la diffusion dans le plomb sous 25°, où nous avons pu déterminer qu'une borne supérieure de la section efficace, de 2,5 à 2,7 MeV, ce spectre était proportionnel à celui que produisait une source de Th C″, à $\pm$ 20 % près.

Quand on substitue au diffuseur étudié, de plomb, de bismuth ou d'uranium, un diffuseur de fer produisant un même nombre de photons γ par effet Compton, le taux de comptage se confond avec le mouvement propre. Ceci montre que l'effet des empilements d'impulsions dues à la diffusion

Compton est négligeable et, d'autre part, que la section efficace de diffusion élastique croît plus rapidement que le nombre atomique Z.

Quand on fait varier l'épaisseur du filtre de plomb disposé sur le détecteur, le taux de comptage produit par la diffusion des atomes lourds dimine dans le même rapport que le taux de comptage produit par une source de Th C″.

Nous attribuons par conséquent à la diffusion élastique la responsabilité des taux de comptage mesuré entre 2,5 et 2,7 MeV. A partir des défauts de proportionnalité entre le spectre produit par la diffusion et le spectre produit par la source de Th C″, nous avons évalué l'erreur attribuée à nos mesures.

L'angle de diffusion indiqué sur le tableau est l'angle moyen sous lequel des phénomènes de diffusion peuvent être enregistrés au cours d'une mesure, quand on néglige la variation de la section efficace dans le domaine d'angles sous lesquels ils sont enregistrés.

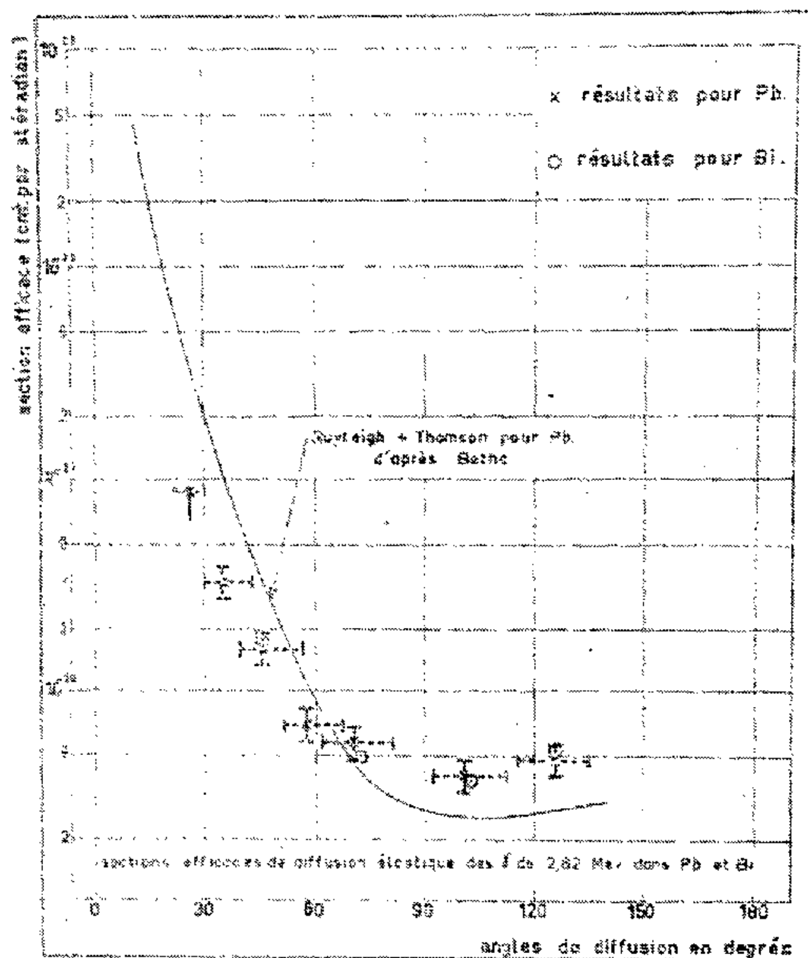


Fig. 1.

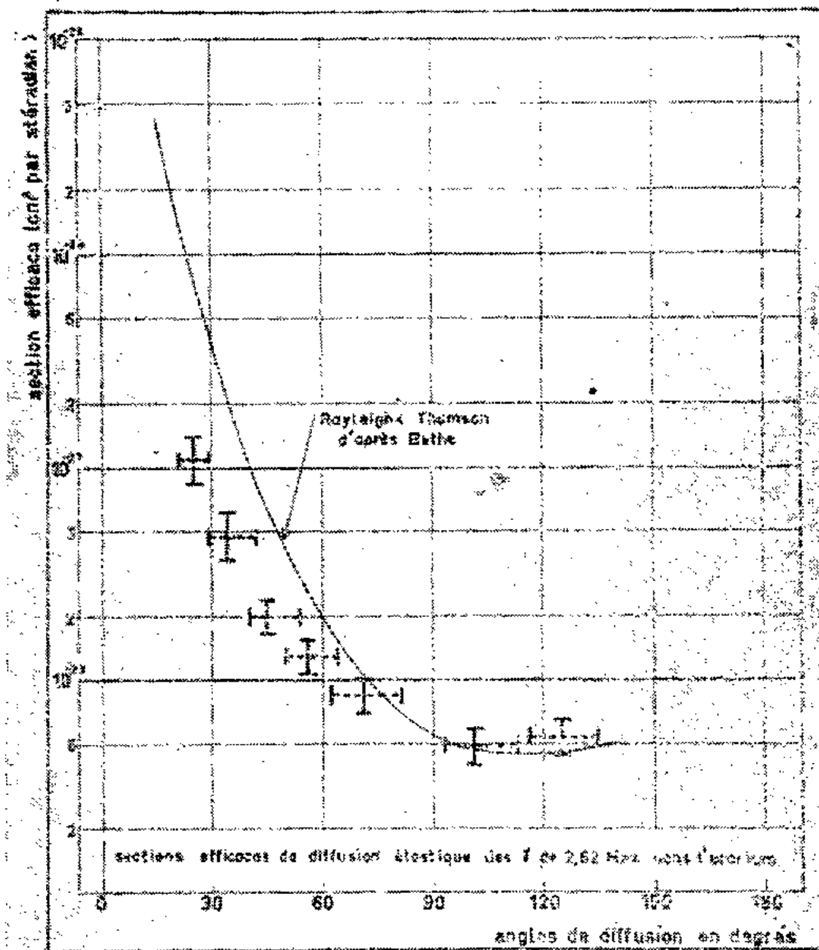


Fig. 2

Les figures 1 et 2 montrent nos résultats pour le plomb et le bismuth et pour l'uranium respectivement. Les segments portés verticalement représentent l'erreur attribuée aux sections efficaces à partir des défauts de proportionnalités. Les segments horizontaux représentent le domaine d'angles sous lesquels on enregistre des phénomènes de diffusion lors d'une mesure. L'incertitude angulaire doit être bien inférieure à la valeur représentée par les segments.

Sur les figures 1 et 2, nous avons porté, en trait plein, la section efficace des effets Rayleigh et Thomson, calculée en utilisant, pour l'effet Rayleigh, la formule du facteur de structure ([2]) ($\sigma = r_0^2 f^2$) avec le facteur de structure f donné par Bethe ([3]).

On sait que ces calculs de l'effet Rayleigh sont très peu sûrs et l'interprétation de nos résultats n'est pas possible pour l'instant.

([1]) L. Goldzahl et Ph. Eberhard, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 965; Ph. Eberhard et L. Goldzahl, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2304; L. Goldzahl, Ph., Eberhard, E. Hara et J. Mey, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 484.

([2]) W. Franz, *Z. Physik*, **98**, 1936, p. 314.

([3]) J. S. Levinger, *Phys. Rev.*, **87**, 1952, p. 656.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du* pH *sur la formation de l'eau oxygénée en présence d'air sous l'action des rayons* γ *du* ^{60}Co. Note de Mme **Anne-Marie Koulkes-Pujo**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Dans l'action des rayonnements ionisants sur l'eau, l'oxygène de l'air joue un rôle prépondérant en permettant, d'après la théorie radicalaire, de former le radical HO_2 qui contribue à la formation de l'eau oxygénée. Par la dissociation de ce radical HO_2, radical d'acide assez fort (pK évalué entre 2 et 3) certains auteurs ([1]), ([2]) expliquent l'influence du pH sur la formation de l'eau oxygénée en milieu acide et neutre.

On peut considérer ([2]) notamment que les réactions, où O_2^- intervient à la place de $HO_2(HO_2 \rightleftharpoons O_2^- + H^+)$, sont plus probables, lorsqu'elles impliquent un simple transfert de charge au lieu d'une rupture de liaison ou d'un transfert atomique. Par contre une réaction entre cet ion et un ion négatif (O_2^-, HO_2^-) est peu probable, par suite de la répulsion électrostatique.

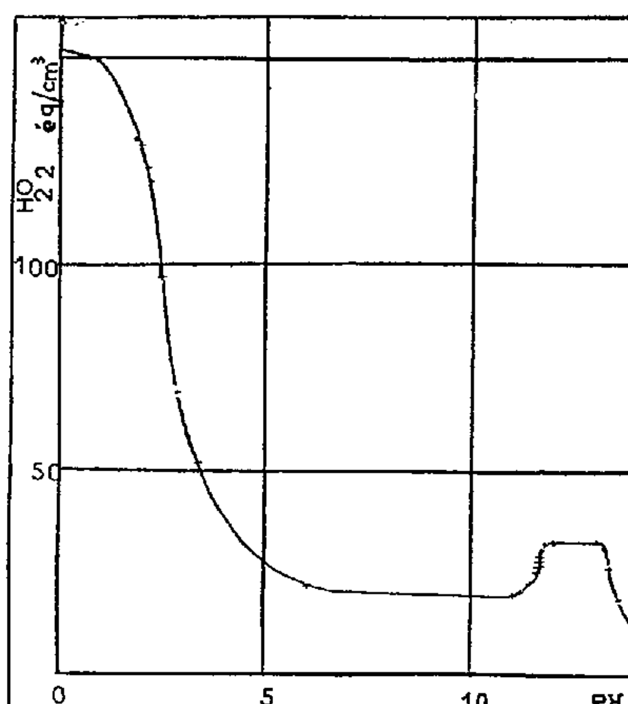
En partant de ces considérations nous avons étudié l'influence de la variation de pH de 0 à 14 sur la formation de l'eau oxygénée et nous essayons d'en donner une interprétation.

Partie expérimentale. — Les solutions sont soumises au rayonnement γ d'une source de 90 curies environ de ^{60}Co. L'intensité de la dose dans la solution est constante et égale à $5{,}8.10^{18}$ eV.h^{-1}/cm^3. Le rendement d'oxydation de $FeSO_4$ pris comme dosimètre est 15,5 pour 100 eV. Le pH des solutions est ajusté soit avec H_2SO_4, soit avec NaOH contenant moins de 1 % en Na_2CO_3. Le pH des solutions alcalines est mesuré à l'électrode à hydrogène, celui des solutions acides est calculé à partir de la concentration déterminée par titration avec NaOH et l'hélianthine comme indicateur. L'eau oxygénée a été dosée par $Ce(SO_4)_2$ après avoir ramené le pH des solutions à zéro.

Nous avons tracé les courbes de la quantité d'eau oxygénée formée en fonction de la dose pour les différents pH. Ces courbes sont tangentes entre elles à

l'origine et l'on ne peut distinguer de différences dans le rendement initial. Néanmoins à partir d'une dose de l'ordre de 5.10^{18} eV/cm³ l'on peut les grouper en trois familles de courbes suivant leurs pentes, pour les différents pH : une famille pour les pH compris entre 0 et 3, une autre pour la zone de pH 11-13 et une troisième pour la zone 13-14.

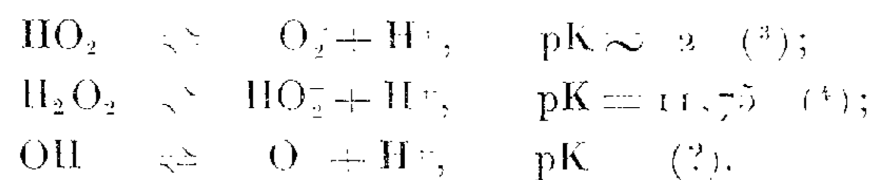
Cette indétermination dans le rendement initial peut être due partiellement au manque de sensibilité de la méthode de dosage, mais les courbes se différenciant, dans chacune des trois familles, d'autant plus que la dose d'irradiation augmente, on peut penser que la principale influence du pH porte sur la décomposition et non sur la formation de H_2O_2. En effet, il est connu, que la production d'eau oxygénée par action des rayonnements ionisants sur l'eau, en présence d'air, n'est pas proportionnelle à la dose et la quantité d'eau oxygénée formée tend vers un état stationnaire, correspondant à un équilibre entre la formation et la décomposition. C'est pour cette raison que nous avons comparé la quantité d'eau oxygénée formée aux différents pH, pour une dose constante de 85.10^{18} eV/cm³ à laquelle en milieu alcalin l'état stationnaire est déjà atteint indépendamment du pH. En milieu acide l'état stationnaire n'est pas atteint pour cette dose, mais les phénomènes observés, décrits plus loin, sont qualitativement les mêmes à n'importe quelle dose supérieure à 5.10^{18} eV/cm³.



Résultats et discussion. — La courbe de la figure résume l'ensemble des principaux résultats pour la dose constante de 85.10^{18} eV/cm³.

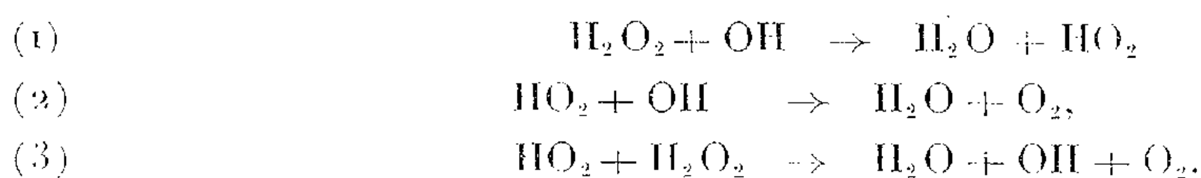
Quand le pH varie de 0 à 2 la quantité d'eau oxygénée formée décroît légèrement; elle décroît rapidement pour un pH voisin de 2,5, puis reste pratiquement constante de pH 7 à 11. A pH $\approx$ 11,7 elle augmente à nouveau et ne varie plus entre 12 et 13,5. A pH $\approx$ 13,35, la quantité d'eau oxygénée formée décroît à nouveau rapidement. L'existence des phénomènes se produisant aux pH 2,5; 11,7 et 13,35 peut s'expliquer par la dissociation de HO_2,

H_2O_2 et OH selon les équilibres :



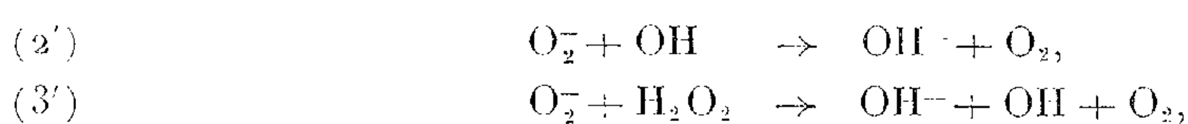
$$HO_2 \rightleftharpoons O_2^- + H^+, \quad pK \sim 2 \; (^3);$$
$$H_2O_2 \rightleftharpoons HO_2^- + H^+, \quad pK = 11,75 \; (^4);$$
$$OH \rightleftharpoons O^- + H^+, \quad pK \; (?).$$

En effet les réactions de décomposition de l'eau oxygénée généralement admises, sous l'action des rayonnements ionisants sont les suivantes :



$$(1) \qquad H_2O_2 + OH \rightarrow H_2O + HO_2$$
$$(2) \qquad HO_2 + OH \rightarrow H_2O + O_2,$$
$$(3) \qquad HO_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2O + OH + O_2.$$

Lorsque HO_2 se trouve sous forme dissociée les réactions (2) et (3) deviennent



$$(2') \qquad O_2^- + OH \rightarrow OH^- + O_2,$$
$$(3') \qquad O_2^- + H_2O_2 \rightarrow OH^- + OH + O_2,$$

nettement favorisées par rapport aux précédentes [2]. Par suite la décomposition augmente et la quantité d'eau oxygénée diminue. Les réactions se poursuivront dans le même sens tant que H_2O_2 elle-même ne se dissociera pas. A ce moment la réaction (1) devient



$$(1') \qquad HO_2^- + OH \rightarrow OH^- + HO_2$$

plus probable que (1). Mais la réaction (3') devient plus difficile par suite de la répulsion électrostatique. Expérimentalement on constate une augmentation dans la quantité d'eau oxygénée formée au pH de dissociation de H_2O_2. Il semble donc que la réaction (3') joue un rôle important dans la décomposition de l'eau oxygénée, puisque lorsqu'elle entre en compétition avec (1'), c'est elle qui influence la marche globale de la réaction.

Quand le radical OH, à son tour, se trouve sous forme dissociée, les réactions (1') et (2') sont moins probables par suite de la répulsion électrostatique et la formation de l'eau oxygénée devrait augmenter. Or expérimentalement il se produit une chute dans la production d'eau oxygénée à $pH \approx 13,35$. A cause de la production très faible de l'eau oxygénée, on peut supposer que c'est dans le mécanisme de formation lui-même que le pH peut avoir une influence. Dans les « grappes » de formation de l'eau oxygénée, le long des trajectoires du rayonnement, la réaction



$$(4) \qquad OH + OH \rightarrow H_2O_2$$

serait beaucoup moins probable lorsque OH est sous forme dissociée O^-. Selon cette interprétation, le pK de dissociation du radical OH serait voisin de 13,35.

Nous comparerons dans un travail ultérieur nos expériences avec quelques résultats [5], [6], [7] qui ont été obtenus précédemment par d'autres auteurs.

(1) M. Ebert et Boag, *Disc. Far. Soc.*, 12, 1952, p. 189.
(2) M. Haïssinsky, *J. Chim. Phys.*, 53, 1956, p. 542
(3) N. Uri, *Chem. Rev.*, 50, 1952, p. 379.
(4) M. G. Evans et N. Uri, *Trans. Far. Soc.*, 45, 1949, p. 224.
(5) *Disc. Far. Soc.* « *Rad. Chem.* », n° 12, 1952.
(6) V. O. Orekhov, A. I. Chernova et H. A. Proskurnin, *Recueil* « *Chimie des Radiations* », Moscou, 1955, p. 95.
(7) V. Veselovsky, N. Miller et D. Shub, *Recueil* « *Chimie des Radiations* », Moscou, 1955, p. 49.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Constantes de formation des complexes de certains acides aminés avec le nickel.* Note (*) de Mlle **Simonne Pelletier**, M. **Jean Curchod** et Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Georges Chaudron.

En effectuant des titrages de mélanges acides aminé-nitrate de nickel par la potasse, on peut, à partir de la seule mesure du pH, construire la courbe de formation : $\bar{n} = fp(R^-)$. Cette courbe permet le calcul des constantes apparentes de dissociation des complexes formés qui sont avec la *dl*-méthionine : $pK'_1 = 5,59$, $pH'_2 = 10,30$, $pK'_3 = 13,12$ à 19° C; avec la *dl*-sérine : $pK'_1 = 5,44$, $pK'_2 = 10,06$, $pK'_3 = 13,17$ à 20° C; avec la $l^{(+)}$-valine : $pK'_1 = 5,53$, $pK'_2 = 9,88$, $pK'_3 = 12,71$ à 18° C.

Des titrages conductimétriques (1) ont mis en évidence la formation de trois complexes du type 1-1, 1-2, 1-3 entre le nickel et la *dl*-méthionine, la *dl*-sérine et la $l^{(+)}$-valine.

Si l'on désigne par $\bar{n}$ le nombre moyen de groupements complexants liés à un atome de nickel et par (R^-) la concentration des ions négatifs de l'acide aminé, les trois constantes peuvent être déterminées à partir de la courbe $\bar{n} = fp(R^-)$, appelée courbe de formation (2).

On effectue des titrages de mélanges acide aminé-nitrate de nickel par la potasse. La concentration des ions négatifs de l'acide aminé ne peut pas être mesurée directement; la seule donnée accessible est l'activité des ions H^+, mais, en appliquant une méthode de calcul mise au point par J. Curchod (3) on peut, à partir de cette mesure déterminer tout au long du titrage la quantité d'ions R^- libre.

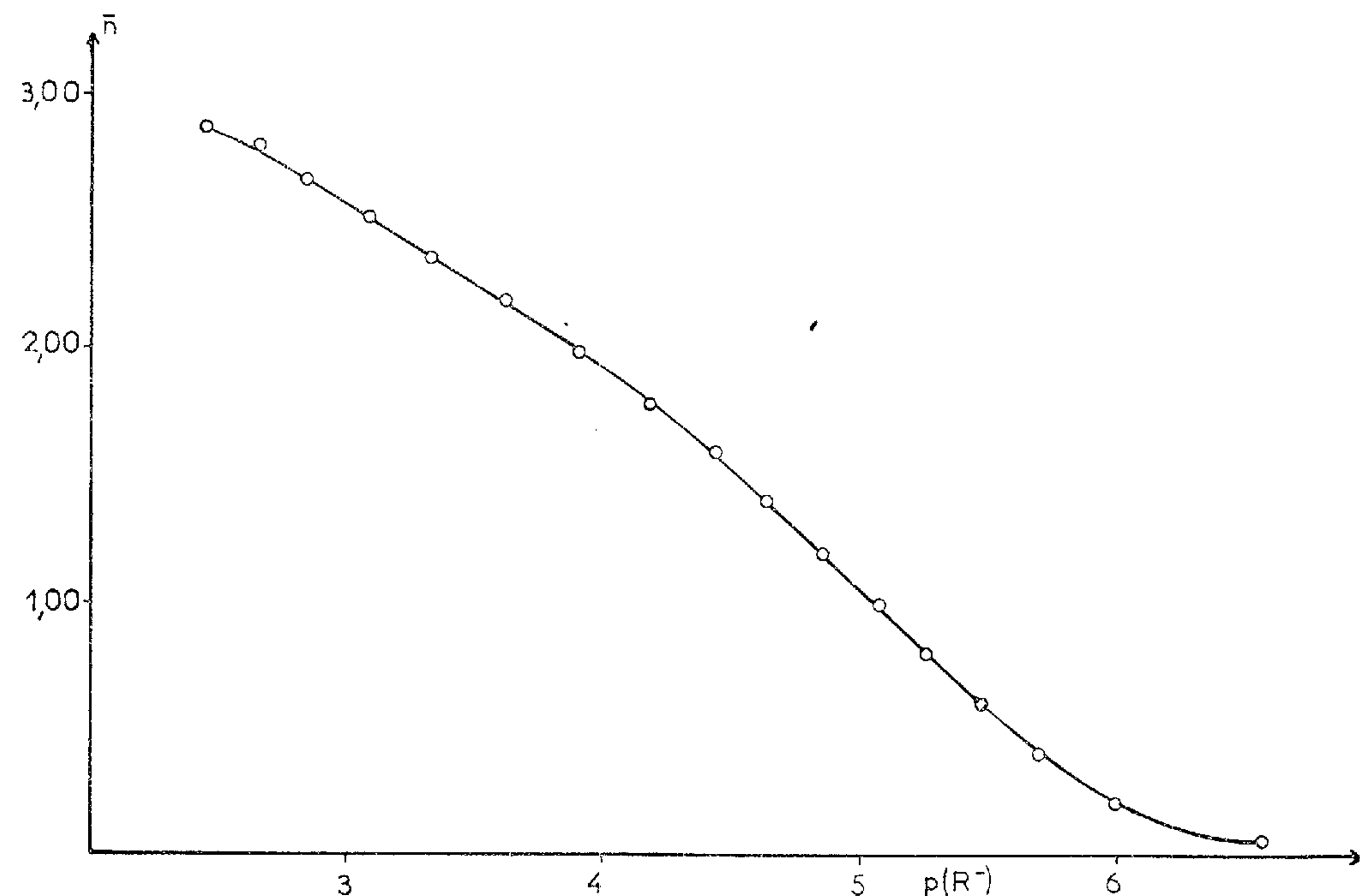
Les mesures de pH ont été faites à l'aide d'une électrode de verre (de qualité spéciale permettant des mesures correctes dans les domaines de pH très alcalins, la complexion n'ayant pas lieu au-dessous de pH 5) et d'un pH-mètre Radiometer type 3 donnant le 1/100e d'unité de pH.

Pour les trois acides aminés étudiés les courbes de formation obtenues ont la même allure, la figure 1 donne, à titre d'exemple, celle relative à la sérine.

Si l'on désigne par K'_1, K'_2, K'_3 les constantes apparentes de dissociation des trois complexes, l'équation de la courbe de formation est

$$\bar{n} + (\bar{n} - 1)(R^-)\frac{1}{K'_1} + (\bar{n} - 2)(R^-)^2\frac{1}{K'_2} + (n - 3)(R^-)^3\frac{1}{K'_3} = 0.$$

On obtient une valeur approchée des trois constantes à partir des points de la courbe de formation $\bar{n} = 0,5$, $1,5$ et $2,5$. En prenant ces valeurs comme point de départ on achève le calcul par approximations successives en utilisant l'équation précédente.



On peut aussi former, à partir de trois points de la courbe de formation, un système de trois équations dont la résolution fournit directement les constantes K'_1, K'_2, K'_3. Les valeurs obtenues par ces deux méthodes sont données dans le tableau ci-dessous.

	Méthionine ($t = 19°$ C).			Sérine ($t = 20°$ C).			Valine (18° C).		
	pK'_1.	pK'_2.	pK'_3.	pK'_1.	pK'_2.	pK'_3.	pK'_1.	pK'_2.	pK'_3.
Approximations successives..........	5,55	10,30	13,07	5,45	10,08	13,20	5,51	9,87	12,69
Utilisation directe de la courbe de formation..........	5,64	10,31	13,17	5,43	10,05	13,15	5,55	9,90	12,74
Moyenne.....	5,59	10,30	13,12	5,44	10,06	13,17	5,53	9,88	12,71

On voit que la concordance entre les deux méthodes est bonne, ce qui justifie les procédés de calcul employés. On peut donc adopter pour valeurs des constantes la moyenne entre ces deux séries de valeurs.

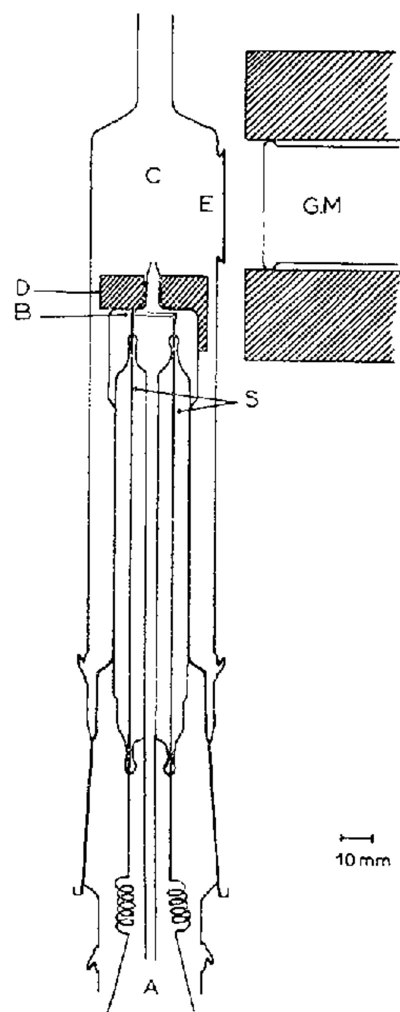
(*) Séance du 26 novembre 1956.
(1) J. CURCHOD et S. PELLETIER, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 361.
(2) J. BJERRUM, *Metal Ammine Formation in aqueous solution*, Copenhague, 1941.
(3) *Thèse de doctorat*, Paris, 1955.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'évaporation du platine au cours de la combustion du méthane* (*utilisation de* ^{197}Pt). Note (*) de MM. **Paul Bussière**, **Barthélemy Domanski**, **Charles Eyraud** et **Marcel Prettre**, présentée par M. René Perrin.

Les études de combustion catalytique du méthane à la pression atmosphérique sur platine incandescent s'attachaient jusqu'ici à décrire cette réaction par son effet global, sans tenter de définir la nature des processus élémentaires (1), (2). Si l'on admet généralement que cette combustion se produit à la surface du platine, quelques auteurs (3) considèrent toutefois qu'elle peut se poursuivre dans son voisinage immédiat. Nous avions nous-mêmes mis en évidence (4) une réaction catalytique importante en phase homogène, ce qui nous a amenés à reconsidérer le problème. Lorsque l'air ou l'oxygène seul, après avoir passé sur le platine incandescent, est mélangé ultérieurement à du méthane, celui-ci subit une combustion partielle sans entrer en contact avec le ruban de catalyseur. Des expériences antérieures (5) visant à déceler par spectrométrie des individualités excitées et par là, à localiser la zone réactionnelle, nous avaient seulement permis de montrer que, dans certains cas, un processus homogène comparable à celui d'une flamme de méthane s'ajoute au processus de catalyse hétérogène. Nous avons donc entrepris de rechercher dans la phase gazeuse, non plus des états énergétiques particuliers difficilement décelables des réactifs ou de leurs produits, mais le platine lui-même. Une telle étude est la suite logique de diverses constatations antérieures sur la « vaporisation » de ce métal (2), (6) ainsi que de nos examens micrographiques des surfaces de platine (7). Des rubans de ce métal irradiés à la pile P 2 de Saclay ont été utilisés comme catalyseurs et la radioactivité dans la phase gazeuse étudiée au moyen du dispositif reproduit sur la figure.

Le ruban de platine irradié B est soudé électriquement à deux électrodes supports S. Le courant de chauffage est fourni par une batterie d'accumulateurs au plomb. En A est admis un gaz qui circule à débit constant au voisinage du ruban incandescent avant de déboucher dans une chambre d'analyse C. Celle-ci comporte une fenêtre E en feuille d'aluminium de 2,3 mg/cm^2 permettant l'accès des rayonnements à un compteur de Geiger-Müller (GM) type cloche dont la fenêtre (2 mg/cm^2) est en regard de E. Un blindage de plomb D diminue l'intensité des rayonnements en provenance directe du ruban. Le platine mis en œuvre est spectrographiquement pur. Toutefois l'iridium qu'il contient encore en faible proportion s'active notablement dans la pile. On est donc, après irradiation, en présence des deux groupes d'activité suivants : 1° ^{197}Pt, de période 18 h,

et ^{194}Ir, de période 19 h; 2° ^{193}Pt, de période 4,3 jours, et ^{199}Au, de période 3,15 jours (descendant du ^{199}Pt, de période 30 mn, indécelable au moment des expériences). Une mesure de décroissance du second groupe fait ressortir uniquement la période de l'or.



En admettant en A de l'air, de l'oxygène ou un mélange air-méthane, on peut observer, avant disparition des radioactivités du groupe 1, des teneurs en éléments radioactifs dans le volume C à condition de porter le ruban de platine à une température supérieure à 1000° C. En effet, on constate que la décroissance du taux de comptage, à partir de l'extinction du ruban, reflète le renouvellement de l'atmosphère de la chambre par le gaz exempt d'éléments radioactifs. Ces deux mesures permettent de définir par différence l'activité globale de la phase gazeuse et celle du dépôt sur les parois. Les gaz ont entraîné les divers radioéléments déjà cités, parmi lesquels il faut discriminer le groupe (^{197}Pt + ^{194}Ir). Pour déterminer sa participation au taux de comptage, on reproduit la même expérience une semaine plus tard, après son élimination par décroissance. A ce moment-là les effets du groupe 2 subsistent seuls et son activité au moment de la première expérience s'en déduit. On obtient alors par soustraction l'activité cherchée du groupe 1.

Le tableau ci-après donne les résultats ainsi obtenus avec un ruban de platine irradié, maintenu à 1250° C aussi bien en présence d'air pur que d'un mélange air-méthane à 3 % de ce dernier gaz.

Ruban porté à 1250 °C, débits gazeux : 10 l/h

Gaz admis en A	Air.	Air + 3 % CH_4.
Activité globale en C (cp/mn)	480	1950
Activité du groupe 1 en C	320	1050

Il est clair que le volume C contient une dose de platine aisément décelable par notre méthode. Ces résultats montrent de plus que lors de l'oxydation du méthane par l'air ou l'oxygène sur platine incandescent un processus hétérogène favorise le passage de platine dans la phase gazeuse, sous une forme qui reste à déterminer et qui peut être responsable de la réaction de post-combustion mise en évidence précédemment ([4]). On voit en effet qu'en l'absence du gaz combustible, l'évaporation du platine est nettement plus faible, à la même température, qu'en présence de mélange méthane-air.

Les expériences décrites dans la présente Note doivent permettre non seulement de doser le platine dans la phase gazeuse, mais de déterminer les paramètres qui paraissent susceptibles d'agir sur la volatilisation de ce métal, et d'aider ainsi à définir le rôle éventuel du platine dans la réaction homogène de combustion. Elles sont également un guide précieux pour l'interprétation des micrographies ([7]) des rubans de platine traités dans les mêmes conditions.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

([1]) W. Davies, *Phil. Mag.*, 17, 1934, p. 233; 21, 1936, p. 513.

([2]) Ch. Eyraud, B. Domanski et L. de Mourgues, *Bull. Soc. Chim. France*, 1956, p. 808.

([3]) M. V. Poliakov, *Usp. Khimii*, 17, 1948, p. 351.

([4]) Ch. Eyraud, B. Domanski et P. Bussière, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 905.

([5]) Ch. Eyraud, P. Bussière et B. Domanski, *Bull. Soc. Chim. France* (sous presse).

([6]) Berliner, *Wied. Ann. Phys.*, 33, 1888, p. 289; I. Langmuir et Mackay, *Phys. Rev.*, 4, 1914, p. 377; I. Langmuir, *J. Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 1161; J. W. Mc Bain et C. I. Glassbrook, *J. Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 1908.

([7]) Ch. Eyraud, B. Domanski et C. Berger, *Bull. Soc. Chim. France* (sous presse).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'hétérogénéité de l'austénite des aciers à 18 % de chrome et 2, 4 ou 6 % de nickel, après des traitements de précipitation des carbures.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Alain Sulmont**, présentée par M. Albert Portevin.

La dilatométrie permet d'étudier avec beaucoup de sensibilité les phénomènes accompagnant la précipitation des carbures dans les aciers faisant l'objet de cette Note, en suivant les modalités de formation de la martensite à partir de l'austénite de l'alliage.

La précipitation, par chauffage, des carbures, à partir de l'austénite des

ferronickels à 37 % de nickel et 11 % de chrome, appauvrit la matrice en carbone et en chrome de façon inégale et provoque autour des carbures l'apparition d'auréoles déchromées, qui ont été étudiées à l'aide de la thermomagnétométrie par A. Portevin et P. Chevenard ([1]).

Nous nous sommes proposé, principalement par dilatométrie, de préciser sur des aciers à 18 % de chrome et 2, 4, 6 % de nickel, ces variations de composition de l'austénite en mettant à profit leurs répercussions sur la température du début de la transformation martensitique au refroidissement. La température θ_{M_s} du point M_s ([2]) est, en effet, très sensible aux variations de composition de l'austénite et une relation, proposée par G. Eichelmann et F. Hull ([3]), donne θ_{M_s} en fonction de la composition pour des aciers voisins des 18-8 (C, Cr, Ni, N, ... %); cette relation, critiquée parce que l'influence de la vitesse de refroidissement n'a pas été prise suffisamment en considération lors de son établissement, souligne l'influence prépondérante du carbone et montre que le chrome et le nickel abaissent de façon analogue θ_{M_s}.

Nos essais, après austénitisation complète à 1 000° d'un acier à 18, 6 et 0,05 % respectivement de chrome, nickel et carbone, situent θ_{M_s} à 100° par dilatométrie; le refroidissement de 1 000 à 500° doit être rapide (280°/h au minimum), la vitesse de refroidissement de 500 à 100° n'a pas d'influence. La transformation martensitique, très nette, est achevée à 80 % à 70°.

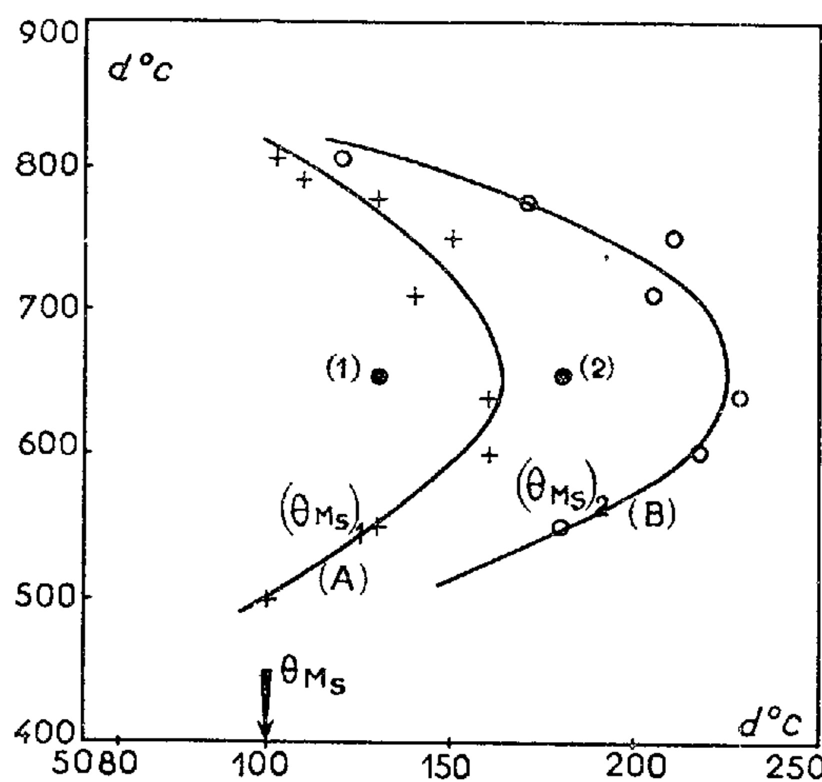


Fig. 1.

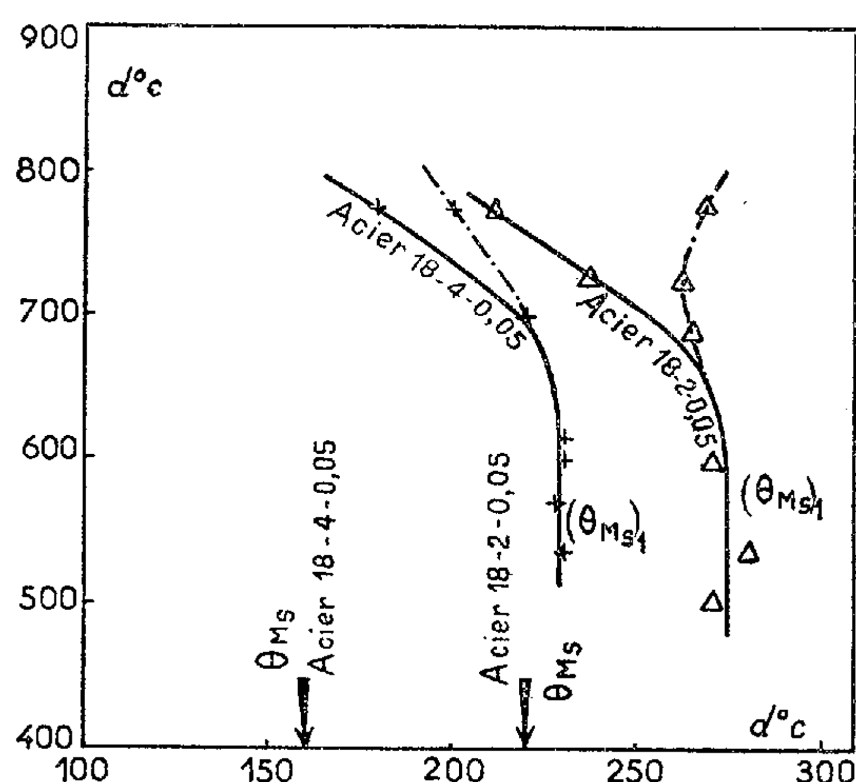


Fig. 2.

Abscisses : Températures des points Ms.
Ordonnées : Températures des maintiens isothermes préalables.

Si, au cours du refroidissement, un maintien d'une centaine d'heures est effectué entre 800 et 500°, une double transformation se produit : on retrouve la transformation précédente, aussi nette, mais à une température $(\theta_{M_s})_1$ comprise entre 100 et 160°; de plus, à une température $(\theta_{M_s})_2$ se produit une transformation de faible amplitude intéressant environ 10 % du volume du métal :

la figure 1 donne les variations de $(\theta_{M_s})_1$ et de $(\theta_{M_s})_2$ suivant la température du maintien isotherme.

La courbe A correspondant à $(\theta_{M_s})_1$ est relative à la tranformation martensitique principale, intéressant environ 90 % du volume de l'alliage plus ou moins appauvri en carbone : l'écart entre θ_{M_s} de l'acier simplement trempé (sans précipitations de carbures) et $(\theta_{M_s})_1$ de l'acier ayant subi un maintien isotherme à 650°, correspond à 0,03 % de carbone en plus dans le premier cas, d'après la relation d'Eichelmann et Hull. Ces valeurs sont en bon accord avec celles annoncées, par d'autres voies, par R. Aborn et E. Bain (4) et par V. Krivobok et M. Grossmann (5) pour des aciers à 18 % de chrome et 0 à 8 % de nickel.

La courbe B, relative à $(\theta_{M_s})_2$, correspond à la transformation, de faible importance, intéressant l'auréole déchromée entourant les carbures. Aux températures supérieures à 700°, la diffusion est plus facile et la transformation, moins nette, se traduit par un simple arrondi, plus ou moins prononcé.

Si, par contre, les mêmes essais sont effectués sur des aciers au chrome-nickel-carbone 18-4-0,05 et 18-2-0,05 %, qui possèdent au-dessous de 1000°, respectivement 10 et 40 % de ferrite delta, les phénomènes observés sont assez différents. Après des maintiens isothermes entre 500 et 800°, on retrouve (*fig.* 2) la transformation martensique principale [$(\theta_{M_S})_1$ correspondant à la courbe A de la figure 1], décalée au maximum de 50-70° par rapport à θ_{M_S} pour un maintien à 600-650°. La transformation se produisant à $(\theta_{M_S})_2$ et correspondant à la courbe B, a disparu : en effet, les carbures se forment généralement aux interfaces des cristaux de ferrite et d'austénite et l'appel de chrome se fait de façon préférentielle dans la ferrite, qui est la plus riche en cet élément et dans laquelle la vitesse de diffusion est environ 100 fois plus grande que dans l'austénite. On observe seulement par dilatométrie, après des maintiens isothermes au-dessus de 700°, un arrondi important dû à l'étalement des points M_S, étalement résultant non pas d'un appel du chrome de l'austénite par les carbures en formation, mais à un remaniement par diffusion, aux températures de maintien isotherme, de la composition des phases γ et δ, précédemment obtenues à 1000° (6).

Le relèvement de θ_{M_S} permet donc de suivre la précipitation des carbures. Un maintien de 45 h à 650° ne suffit pas à réaliser toute la précipitation possible [points (1) et (2) de la figure 1], alors que des maintiens de 100 et 150 h, probablement surabondants, conduisent tous deux aux mêmes résultats dilatométriques.

(1) *Rev. Métallurgie*, 33, 1936, p. 96.

(2) Également désigné sous la dénomination de point Ar‴.

(3) *Trans. A. S. M.*, 95, 1953, p. 77.

(4) *Trans. A. S. S. T.*, 15, 1929, p. 387.

(5) *Trans. A. S. S. T.*, 18, 1930, p. 808.

(6) Nous avons d'ailleurs pu suivre quantitativement cette évolution des phases γ et δ vers 800°, au thermoperméamètre à saturation.

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la théorie des propriétés hydrodynamiques des solutions de macromolécules en chaînes.* Note de M. **Roger Cerf**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Dans les recherches théoriques sur les propriétés hydrodynamiques des solutions de macromolécules en chaînes on utilise depuis quelques années le modèle à sous-chaînes de Gauss. Rappelons que les modèles plus simple (haltère élastique, sphère élastique), qui ont permis de débrouiller plusieurs questions importantes, semblent à présent être arrivés au bout de leurs possibilités, et que les modèles plus satisfaisants, du type de Kirkwood, n'ont permis d'expliciter les calculs que pour certains problèmes simples. Devant cette situation, le modèle à sous-chaînes de Gauss, que nous utilisons ici, a permis d'obtenir des résultats nouveaux.

Déjà Rouse ([1]) avait étudié avec succès la dispersion de la viscosité en haute fréquence à l'aide de ce modèle, et montré que le résultat du calcul est indépendant du choix du nombre N de sous-chaînes. Cette propriété est une conséquence de l'existence de modes privilégiés dans la déformation de la molécule, et du fait que seuls les premiers modes sont importants dans les conditions que l'on rencontre couramment. Le nombre N étant un paramètre arbitraire, sa disparition dans le résultat final constituait une indication encourageante pour les possibilités du modèle.

Nous avons ensuite introduit la viscosité interne dans ce modèle ([2]) et obtenu une théorie générale contenant comme cas limites l'effet d'orientation qui se présente pour les particules rigides, et l'effet de déformation qui se présente pour les particules souples. Pour ce dernier cas, nous avions obtenu dans l'expression de $\operatorname{tg}\alpha$ (biréfringence d'écoulement) un terme de viscosité interne additif comme avec le modèle de la sphère élastique. Nous proposons ici des modifications de la théorie qui la rendent plus rigoureuse et qui fournissent des possibilités nouvelles, spécialement pour le cas des molécules souples.

1. Rappelons que pour introduire la viscosité interne il est d'abord nécessaire de savoir séparer la rotation et la déformation dans le mouvement instantané de la molécule dans l'écoulement. Toutefois, une molécule en chaîne souple n'appartenant à aucune des catégories de corps pour lesquels on définit une rotation instantanée, nous avions introduit arbitrairement une vitesse de rotation « associée », définie comme étant la vitesse de rotation que l'on trouverait pour une particule rigide, ayant la même forme que la particule déformable à l'instant considéré. Or nous avons calculé, depuis, la distribution des vitesses des chaînons pour une particule de viscosité interne nulle, et constaté que *les vitesses dépendent linéairement des coordonnées des points de jonction des sous-chaînes.* Il est donc possible dans ce cas, de séparer la rotation et la déforma-

tion, comme pour un élément de volume d'un milieu continu déformable. La connaissance de la vitesse de rotation à viscosité interne nulle est ensuite suffisante dans l'étude des phénomènes dus à la viscosité interne, aussi longtemps que l'on néglige les termes proportionnels au carré de la viscosité interne. En conduisant le calcul de cette façon, on ne modifie que des coefficients numériques dans le résultat final, mais la théorie y gagne en rigueur.

2. Par ailleurs, nous proposons de modifier la définition de la viscosité interne elle-même : nous associons ici un coefficient de friction interne f_p à chacun des modes privilégiés auxquels on faisait allusion ci-dessus, ou si l'on veut, à chacune des coordonnées normales du système. Dans ces conditions, la vitesse des points de jonction des sous-chaînes s'écrit, en projection sur l'axe des x, en utilisant la notation matricielle

$$(1) \qquad \dot{\mathbf{x}} = \dot{\mathbf{x}}_l - \mathbf{H}\left[\mathrm{D}\left(\frac{\partial}{\partial \mathbf{x}}\right)\mathrm{Log}\,\Phi + \sigma\mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{Q}^{-1\mathrm{T}}\mathbf{F}\mathbf{Q}^{-1}(\dot{\mathbf{x}} - \dot{\mathbf{x}}_\omega)\right],$$

$\dot{\mathbf{x}}_l$ est la vitesse du liquide non perturbé, $\mathbf{x}_\omega$ la vitesse de rotation de la molécule, $\mathbf{A}$ la matrice des tensions élastiques, $\mathbf{H}$ la matrice des interactions hydrodynamiques, Φ la fonction de distribution, σ un facteur qui dépend de la longueur de la sous-chaîne, $\mathbf{Q}$ la matrice qui diagonalise le produit $\mathbf{HA}$ par similitude ([3]); enfin $\mathbf{F}$ est la matrice diagonale des coefficients de friction interne f_p introduits ici. Les coefficients f_p étant associés aux modes privilégiés de déformation de la molécule, il devient en principe possible de les relier aux propriétés structurales de la chaîne qui sont à l'origine de la viscosité interne, et de calculer la loi de variation du coefficient f_p avec le numéro p du mode.

Pour l'instant, nous remarquerons d'abord que si l'on veut obtenir des résultats indépendants du nombre N de sous-chaînes dans la molécule, il faut que $f_p \mathrm{N} = \mathrm{C}_p$ où C_p est indépendant de N pour une molécule donnée. Pour réaliser l'accord entre la théorie et les expériences de biréfringence d'écoulement (*voir* ci-dessous), nous avons été conduit à supposer en outre que C_p est indépendant de la masse moléculaire. Dans ces conditions

$$(2) \qquad f_p = f_1 p = \frac{\mathcal{F} p}{\mathrm{N}}$$

où l'on a posé $\mathcal{F} = f_1 \mathrm{N}$. La quantité $\mathcal{F}$ est indépendante de N ainsi que de la masse moléculaire. Dans les publications précédentes nous avions associé le coefficient de friction interne aux vitesses de déformation dans l'espace $\mathbf{x}$, au lieu de l'associer comme ici aux vitesses de déformation dans l'espace des coordonnées normales. Nos tentatives antérieures peuvent du reste se ramener au schéma actuel, mais avec d'autres hypothèses pour les coefficients C_p [respectivement C_p proportionnel à $1/\mathrm{M}$ ([2]) et C_p proportionnel à M ([4])].

Deux applications illustreront les possibilités qu'offre la nouvelle hypothèse.

a. Biréfringence d'écoulement. — L'ordonnée à l'origine B de l'asymptote à la courbe $\mathrm{tg}\,\alpha(\eta_0)$ (terme de viscosité interne pour les particules souples)

a pour expression :

$$B = \frac{a\mathcal{F}L^2}{kT}, \tag{3}$$

$a = 0{,}0052$ si les interactions hydrodynamiques sont faibles;
$a = 0{,}0045$ si les interactions hydrodynamiques sont fortes.

L^2 est l'écart quadratique moyen entre les extrémités de la chaîne, k la constante de Boltzmann et T la température absolue. On voit que B est *proportionnel* à M puisqu'il en est ainsi de L^2. On retrouve la loi expérimentale de Leray ([5]) qu'il n'avait pas été possible d'expliquer jusqu'ici.

b. Viscosité non newtonienne. — L'origine de la viscosité non newtonienne des solutions de macromolécules en chaînes est encore mal connue dans le cas où les particules sont souples. A partir des hypothèses qui précèdent nous avons obtenu l'expression suivante de viscosité intrinsèque $[\eta]$ au gradient G :

$$[\eta] = [\eta]_0\left(1 - b\mathcal{N}\frac{\mathcal{F}L^2M[\eta]_0\eta_0}{R^2T^2}G^2 + \ldots\right); \tag{4}$$

$b = 0{,}013$ si les interactions hydrodynamiques sont faibles;
$b = 0{,}0064$ si les interactions hydrodynamiques sont fortes.

$[\eta]_0$, est la viscosité intrinsèque à gradient nul, η_0 la viscosité du solvant, $\mathcal{N}$ le nombre d'Avogrado. D'après ce résultat, *dans le cas des molécules souples, la viscosité non newtonienne est due, au moins en partie, à la viscosité interne.* Pour approfondir cette question, il serait souhaitable, ainsi que nous l'avons déjà signalé ([4]), que des mesures de viscosité non newtonienne fussent effectuées dans des solvants de viscosité variable. La détermination expérimentale de la loi de variation de l'effet non newtonien avec la masse moléculaire fournirait également des données précieuses.

(1) *J. Chem. Phys.*, **21**, 1953, p. 1272.
(2) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 531; **241**, 1955, p. 496 et 1458.
(3) B. Zimm, *J. Chem. Phys.*, **24**, 1956, p. 269.
(4) Communication au Symposium de Rehovot, avril 1956 ; à paraître au *J. Polymer Sc.*, *cf.* en particulier l'appendice.
(5) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1741.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude micrographique de l'oxydation de la magnétite.* Note (*) de M. **Isaac Behar**, présentée par M. Georges Chaudron.

La magnétite en s'oxydant donne naissance à des germes de $Fe_2O_3\alpha$ après une période d'induction. Les germes de $Fe_2O_3\alpha$ se développent suivant les quatre plans (1.1.1), mais l'un de ces plans semble jouer un rôle particulier dans le processus de l'oxydation.

Nous avons étudié le début de l'oxydation de la magnétite frittée par la méthode micrographique que nous avions déjà utilisée ([1]).

La magnétite est préparée par réduction de $Fe_2O_3\alpha$ dans le mélange H_2/H_2O, comprimée, puis frittée à 1150° dans un courant d'argon. L'échantillon de Fe_3O_4, préalablement poli et attaqué, est oxydé, 5, 10 et 15 mn à 400°, puis examiné au microscope. A cette température, seul le sesquioxyde $Fe_2O_3\alpha$ est susceptible de se former par suite de l'instabilité de $Fe_2O_3\gamma$.

On constate que tous les cristaux de magnétite ne s'oxydent pas en même temps. L'oxydation présente donc une période d'induction dont la durée varie suivant l'orientation cristalline de la face observée. D'autre part, les grains de magnétite ne s'oxydent pas d'une façon homogène, mais en certains points seulement; l'oxydation donne naissance à des germes de $Fe_2O_3\alpha$, dont la densité varie d'un cristal à l'autre (*fig.* 1). Ce phénomène est à rapprocher de l'oxydation des métaux sous faible pression d'oxygène et à haute température (2), (3).



Fig. 1. — Fe_3O_4 oxydé 5 mn à 400°. G = 600.

Les germes de $Fe_2O_3\alpha$ se développent suivant une direction unique dans les grains de magétite, qui s'oxydent au bout d'une courte période d'induction (*fig.* 1 et 2); par contre, quand les cristaux de Fe_3O_4 s'oxydent au bout d'un temps plus long, les germes se forment suivant plusieurs directions (*fig.* 3). Nous avons dénombré au maximum quatre directions et dans certains cas trois directions formant des angles de 60°, indiquant que $Fe_2O_3\alpha$ se forme sur les plans (111) de la magnétite. Cette épitaxie spinelle-oligiste se rencontre dans de nombreux produits d'éruption volcanique [face (0001) de l'oligiste parallèle à une face (111) du spinelle].

Il semble que l'orientation unique des particules de $FeO_3\alpha$ dans les grains

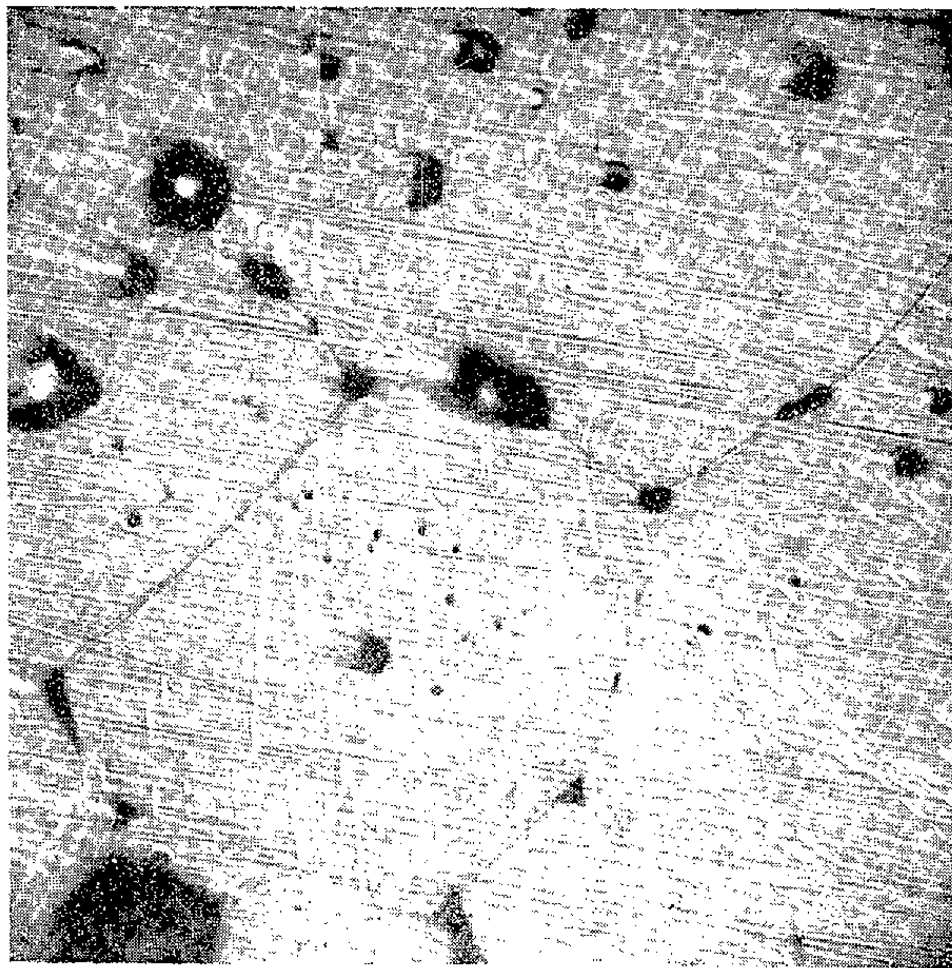


Fig. 2. — Fe_3O_4 oxydé 5 mn à 400°. G = 600.

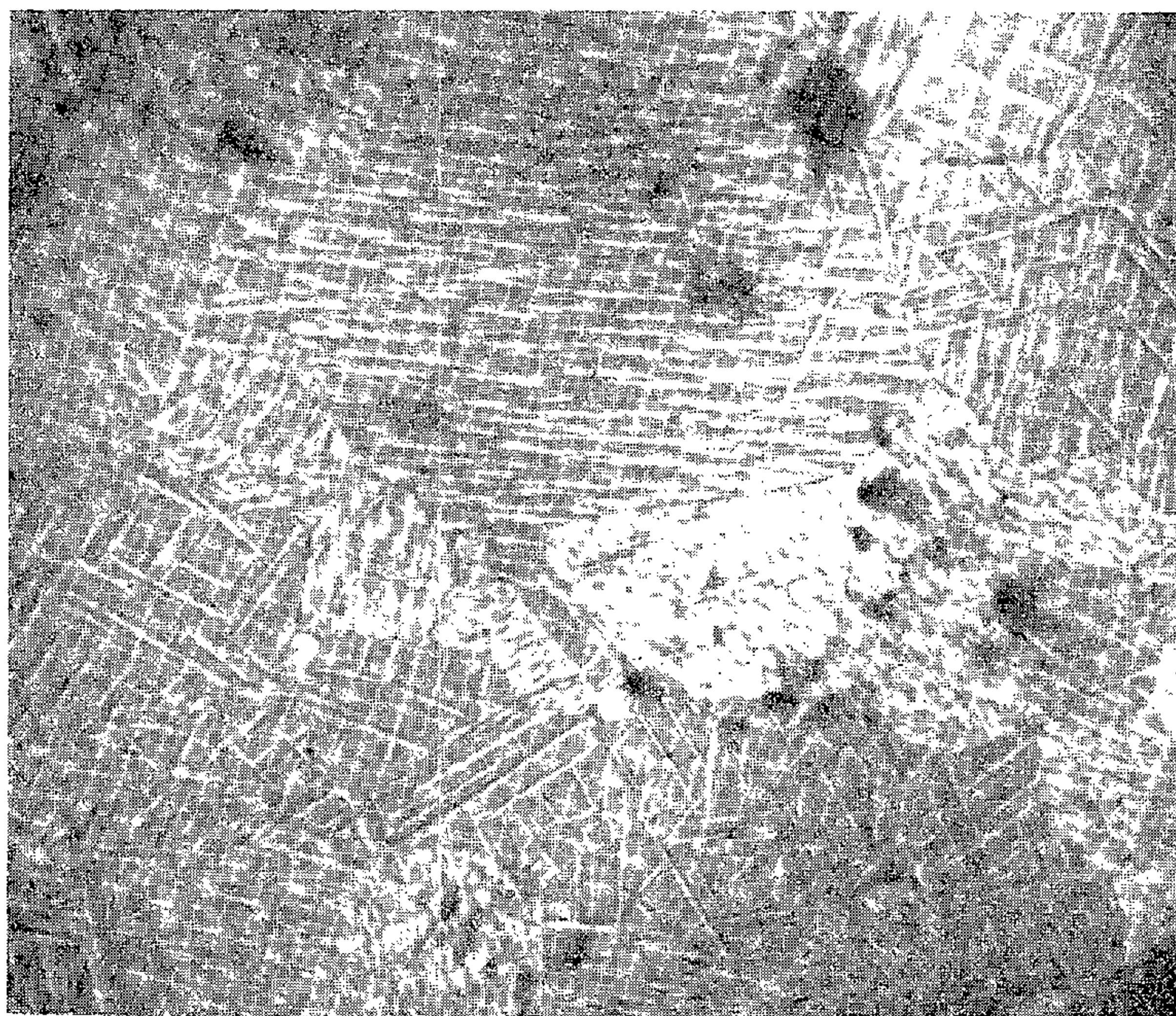


Fig. 3. — Fe_3O_4 oxydé 15 mn à 400°. G = 600.

de magnétite s'oxydant rapidement corresponde à l'une des quatre directions de Windmanstatten. On voit en effet sur la photo n° 3 dans un même cristal de

magnétite un grand nombre de plaquettes orientées suivant une même direction et quelques plaquettes orientées suivant deux autres directions. L'un de ces quatre plans (111) semble donc jouer un rôle particulier dans le processus de l'oxydation.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) I. BEHAR, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2465.

(2) J. BARDOLLE, *Thèse*, Paris, 1955.

(3) F. GRÖNELUND et J. BÉNARD, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 624.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série du bicyclo-(0.1.4) heptane.* Note (*) de MM. **MAX MOUSSERON, ROBERT JACQUIER** et Mlle **RENÉE FRAISSE**, présentée par M. Marcel Delépine.

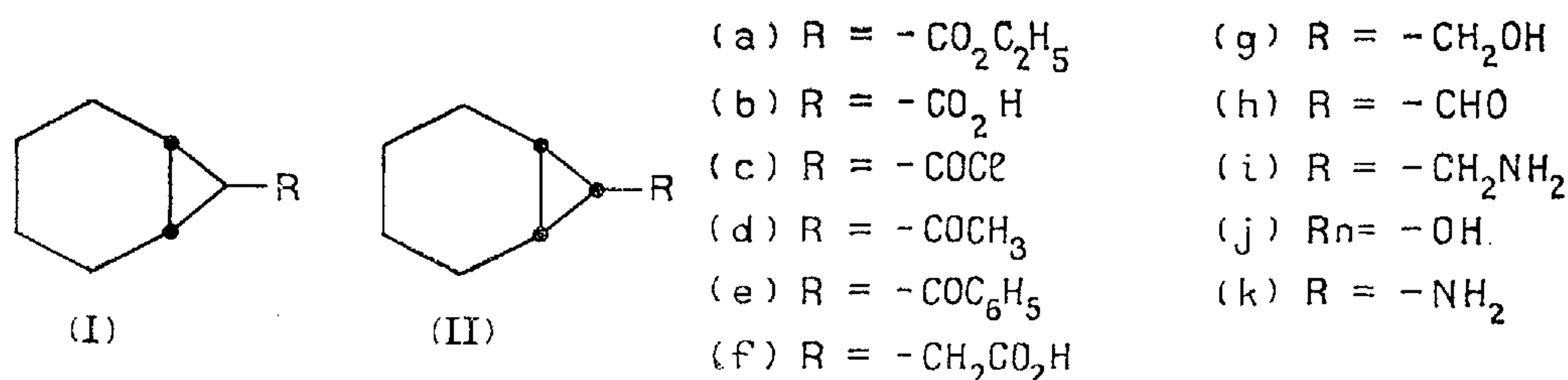
Un certain nombre de dérivés bicyclo-(0.1.4) heptaniques ont été synthétisés; la stabilité accrue du système bicyclo-(0.1.4) heptanique, par rapport à celle des dérivés cyclopropaniques monocycliques, nous a permis d'étudier la désamination nitreuse de l'amino-7 bicyclo-(0.1.4) heptane et d'isoler la bicycloheptanone correspondante.

L'action du diazoacétate d'éthyle sur le cyclohexène (1) conduit à l'ester éthylique de l'acide bicyclo-(0.1.4) heptanecarboxylique-7 $É_{18}$ 110°, caractérisé par l'anilide F 212-213° (N % trouvé 6,6) obtenu par action du bromure d'anilinomagnésium. Tous les essais d'isomérisation par l'éthylate de sodium [*cf.* (2), (3)] ont échoué, ce qui constitue une présomption en faveur de la structure trans (I*a*). Par saponification, on isole l'acide (I*b*) F 97-98° (1), ester *p*-bromophénacylique F 115-116° (C % trouvé 57,1; H % trouvé 5,2). Sa structure trans trouve une autre confirmation dans le fait que l'action du chlorure de thionyle ne provoque pas d'inversion [*cf.* (4), (5)]; le chlorure d'acide (I*c*) $É_{25}$ 112° redonne en effet l'acide initial, et traité par l'aniline, il fournit le même anilide F 212-213°; il est d'autre part transformé en amide F 225-226° (N % trouvé 10,1) dont la désamination nitreuse donne, sans inversion [(5), (6)] l'acide (I*b*).

Traité par le méthyl-lithium, (I*b*) conduit avec conservation de la configuration [*cf.* (5)] à la cétone (I*d*) $É_{20}$ 98°, $\lambda_{max}^{alc} = 267$ mµ ($\log \varepsilon = 1,58$) (7), DNP F 164-165° (N % trouvé 17,7), $\lambda_{max}^{CHCl_3} = 378$ mµ ($\log \varepsilon = 4,36$). La même cétone est isolée (Rdt. 70 %) par action de CH_3MgBr sur l'amide N-diméthylé $É_{18}$ 148° de (I*b*). Aucune inversion n'a pu être observée par action de l'éthylate de sodium [*cf.* (8)], ce qui constitue une indication supplémentaire en faveur de la structure trans de (I*d*), et par suite de (I*b*).

L'action du diphénylcadmium sur (I*c*) ou de C_6H_5MgBr sur l'amide N-diméthylé conduit à la cétone (I*e*) $É_{0,1}$ 138°, $\lambda_{max}^{alc} = 244$ mµ ($\log \varepsilon = 4,20$) (7), qui donne deux DNP F 195-196° (N % trouvé 14,7) et F 161-162°

(N % trouvé 14,75) présentant le même maximum d'absorption $\lambda_{max}^{CHCl_3}$ 384 mμ (log ε = 4,42).



La réaction de Arndt-Eistert fournit à partir de (I*c*) l'acide homologue (I*f*) F 95-96°, anilide F 205-206° (N % trouvé 6,2), ester *p*-bromophénacylique F 90-91° (C % trouvé 58,2; H % trouvé 5,3).

La réduction de (I*a*) par l'alcool-sodium ou de (I*b*) par $AlLiH_4$ conduit à l'alcool (I*g*) $É_{18}$: 105°, phényluréthanne F 87-88° (N % trouvé 5,8). Son oxydation par la méthode d'Oppenauer [9] ou par l'hypochlorite de *t*-butyle [10], ainsi que la réduction inverse par $AlLiH_4$ [11] de l'amide pipéridinique F 96-97° (N % trouvé 6,8) de (I*b*) donnent l'aldéhyde (I*h*) $É_{20}$: 98°, DNP F 200-201° (N % trouvé 18,6), $\lambda_{max}^{CHCl_3}$ = 372 mμ (log ε = 4,40). L'oxime F 124-125° (N % trouvé 10,1) est réduite par $AlLiH_4$ en amine (I*i*) $É_{20}$: 95°, dérivé benzoylé F 104-105° (N % trouvé 5,95).

L'oxydation de (I*d*) par l'acide peroxytrifluoroacétique [12] conduit, avec rétention de la configuration [[3], [8], [13]] à un acétate $É_{20}$: 95° (Rdt 60 %), réduit par $AlLiH_4$ en trans bicyclo-(0.1.4) heptanol-7 (I*j*) F 55-56° (C % trouvé 75,2; H % trouvé 10,75), phényluréthanne F 94-95° (N % trouvé 6,2), *p*-nitrobenzoate F 108° (N % trouvé 5,25), ne colorant pas le réactif de Schiff (test devenant positif au bout de quelques jours). L'action de la dinitro-2.4 phénylhydrazine en milieu sulfurique [*cf.* [14]] fournit la DNP F 170° du méthylalcyclohexane.

La réaction de Curtius sur (I*b*) donne, avec conservation de la configuration [3], l'amine (I*k*) (Rdt 50 %) $É_{20}$ 72°, dérivé benzoylé F 157-158° (N % trouvé 6,6). Sa désamination nitreuse n'a pu être réalisée que par action du nitrite d'argent sur le chlorhydrate (F 224-225° déc.) et fournit un mélange (III) $É_{20}$ 94° (Rdt 30 %) des alcools diastéréoisomères (I*j*) et (II*j*) avec prédominance de ce dernier; on isole en effet principalement un phényluréthanne F 102-103° (N % trouvé 6,15) à côté d'une faible quantité du phényluréthanne F 95° correspondant à (I*j*); la recristallisation du *p*-nitrobenzoate permet également de séparer une fraction peu importante F 108° correspondant à (I*j*) et le dérivé F 45° (N % trouvé 5,3) de (II*j*). Le spectre infra-rouge de (III) montre l'absence de méthylol-1 cyclohexène [15]. Rappelons que la désamination nitreuse de l'aminocyclopropane fournit uniquement l'alcool allylique [16].

L'oxydation de (III) par la méthode d'Oppenauer, en présence de benzoquinone, donne la bicyclo-(0.1.4) heptanone-7 (IV) (Rdt 20 %) $\acute{E}_{20}$ 85°, (test de Schiff négatif), $\lambda_{max}^{pentane} = 276\,m\mu (\log \varepsilon = 1,78)$, DNP F 140-141° (N % trouvé 19,3), $\lambda_{max}^{CHCl_3} = 378\,m\mu\,(\log \varepsilon = 4,41)$; ni semicarbazone, ni oxime n'ont pu être isolées. Sa réduction par $AlLiH_4$ redonne le mélange de (I*j*) et de (II*j*).

Tous les autres essais de synthèse de (IV) ont échoué. La méthode d'Oppenauer s'est révélée inapplicable à (I*j*); l'isopropylate d'aluminium provoque en effet une isomérisation préalable en méthylalcyclohexane, qui est ensuite réduit par une réaction de Meerwein-Ponndorf en méthylolcyclohexane (phényluréthanne F 80-81°). L'oxydation de (III) par l'hypochlorite de *t*-butyle ([10]) conduit avec un très faible rendement au méthylal-1 cyclohexène (V) (DNP F 210-212°) à côté de traces de (IV) (identifiés par chromatographie des DNP). Avec le bioxyde de manganèse ([17]), (I*j*) et (II*j*) donnent uniquement naissance à (V). Le même aldéhyde est encore isolé dans l'action de l'hypochlorite de *t*-butyle sur (I*k*) ([18]). La méthode de clivage des cétones par les esters nitreux ([19]) laisse (I*d*) inaltérée. Enfin, la dégradation de Barbier-Wieland n'a pu être appliquée à (I*a*) [*cf.* ([16])].

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(1) Ebel, Brunner et Mangelli, *Helv. Chim. Acta*, 12, 1929, p. 19.

(2) Hückel et Goth, *Ber. deutsch. Chem. Ges.*, 58, 1925, p. 447; Bickel, *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 927.

(3) Arnold et Richardson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 3649.

(4) Burger et Yost, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2198; Gutsche, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 4150.

(5) Dauben et Hoerger, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1505.

(6) Noyce et Nagle, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 127.

(7) Comparer avec les valeurs données pour l'éthylonecyclopropane : Mariella et Raube, *J. Amer. Soc.*, 74, 1952, p. 518 et 521.

(8) Turner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 878.

(9) Lauchenauer et Schinz, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1265.

(10) Grob et Schmid, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 1763.

(11) Mousseron, Jacquier, Mme Mousseron-Canet et Zagdoun, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 1049.

(12) Emmons et Lucas, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 2287.

(13) Mislow et Brenner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 2318; Doering et Dorfman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5595.

(14) Dreiding et Hartman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 1216.

(15) Nous devons cette détermination à M. Y. Naves.

(16) Lipp, Buchkremer, Seeles et Verbeek, *Ann. Chem.*, 499, 1932, p. 1.

(17) Attenburow, Cameron, Chapman, Evans, Hems, Jansens et Walker, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 1104.

(18) Bachmann, Cava et Dreiding, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 5554.

(19) Mousseron, Jacquier et Mlle Fraisse, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 602.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la présence d'isophytol dans l'essence absolue de jasmin* (1). Note de M. **Édouard Demole**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'analyse chromatographique d'une fraction d'absolue de jasmin a permis l'isolement d'une substance $C_{20}H_{40}O$, $[\alpha]_D + 9^\circ,4$, identifiée par ses propriétés physiques et chimiques à l'isophytol (I), ou tétraméthyl-3.7.11.15 hexadecen-1 *ol*-3, jusqu'alors inconnu à l'état naturel.

L'extrait éthéropétrolique des fleurs de jasmin (concrète de jasmin) contient une fraction peu odorante $É_{0,08}$ 120-160°. Celle-ci représente environ 40 % du poids de l'essence absolue et n'a été que peu étudiée jusqu'à présent.

En 1918, R. Tsuchihashi et S. Tasaki (2) mentionnaient l'existence, dans l'absolue du jasmin de Formose, d'un alcool sesqui- ou diterpénique, constituant principal de la fraction la moins volatile. Plus récemment, Y. R. Naves et A. V. Grampoloff (3), étudiant différentes essences de jasmin, isolaient une fraction $É_{0,8}$ 150-210° dont le composant majeur aurait été un alcool ou mélange d'isomères $C_{18}H_{34}O$. La phtalisation, l'acétylation, l'hydrogénation catalytique de cet alcool et de son acétate ont également été effectuées par les auteurs cités.

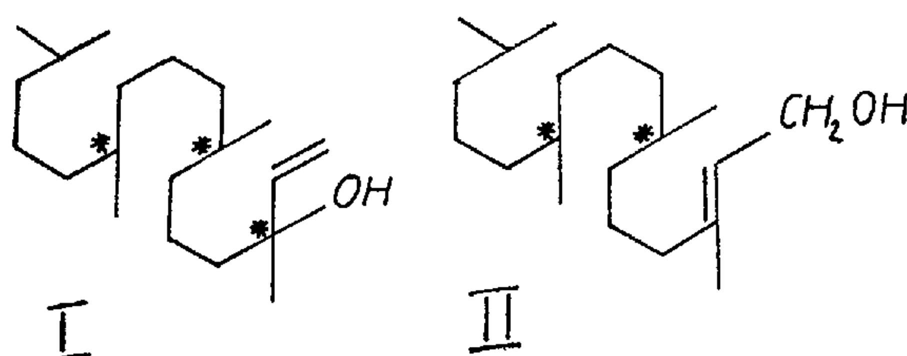
La présente Note a pour objet l'étude de la fraction $É_{0,08}$ 120-160° obtenue par distillation fractionnée d'une essence absolue de jasmin (35 % de cette dernière). Le cœur de cette fraction distillait à point d'ébullition constant : $É_{0,02}$ 127°, $n_D^{21,8}$ 1,4658, trouvé %, C 80,42; H 12,54. Nous avons contrôlé son homogénéité au moyen d'une technique de microchromatographie ascendante développée par J. G. Kirchner et ses collaborateurs sous le nom de « chromatostrip » (4), et modifiée par R. H. Reitsema sous le nom de « chromatoplate » (5). Sur les « chromatostrips » effectués avec l'acide silicique comme adsorbant (le solvant étant un mélange de 15 % d'acétate d'éthyle dans le *n*-hexane), notre substance s'est divisée en quatre groupes de composants distincts. Nous avions donc en main un mélange complexe de nature probablement azéotropique.

Une séparation chromatographique à l'échelle préparative, effectuée sur notre matière de départ, $É_{0,08}$ 120-160°, a fourni cinq fractions définies. Nous venons d'achever l'étude de deux de celles-ci ; l'une possédait les constantes du benzoate de benzyle, déjà caractérisé par Y. R. Naves et A. V. Grampoloff (3) à l'état de *m*-nitrobenzoate de *p*-nitrobenzyle : $É_{0,15}$ 110°, n_D^{20} 1,5655, $C_{14}H_{12}O_2$, trouvé %, C 79,13; H 5,91 ; calculé %, C 79.22; H 5,70. L'autre fraction répondait à la formule brute $C_{20}H_{40}O$: $É_{0,01}$ 116°, n_D^{20} 1,4570, $d_4^{20,8}$ 0,8435, $[\alpha]_D + 9.4^\circ$ (méthanol), $C_{20}H_{40}O$, trouvé %, C 81,07; H 13,54; calculé %, C 81,00; H 13,60. R. M. trouvée : 95,6 calculée (une double liaison) : 95,6. Hydrogènes mobiles : 1,06 à froid, 2,06 à 70°. Réaction avec $C(NO_2)_4$:

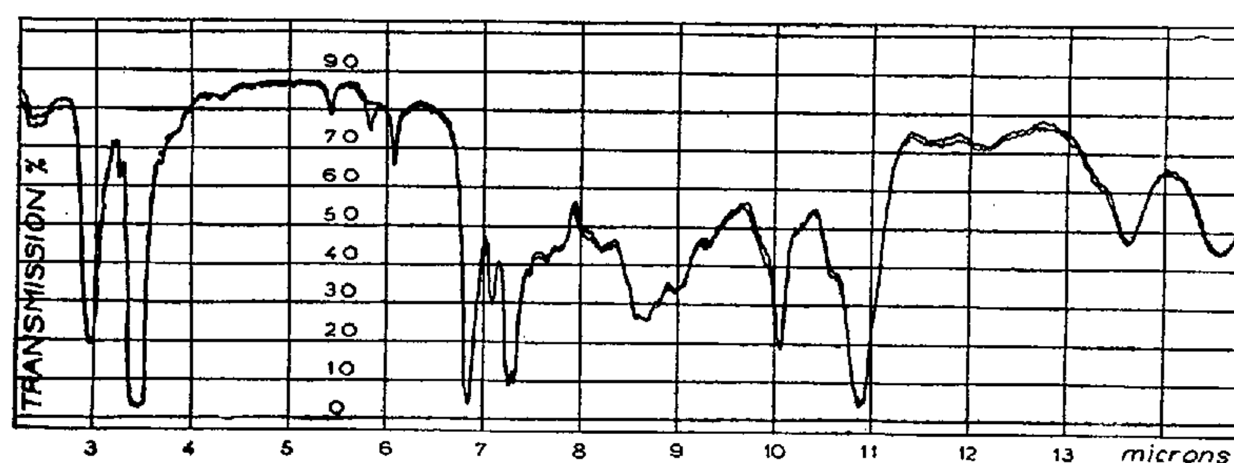
presque nulle. L'absorption spectrale dans l'infrarouge indiquait qu'il s'agissait d'un alcool à chaîne ramifiée [bandes à 2,95 μ (OH) et à 6,85 et 7,30 μ ($C-CH_3$)], probablement tertiaire (bande C—O à 8,7 μ), comprenant un groupement vinylique dans sa molécule (bandes $-CH=CH_2$ à 3,25, 5,45, 7,1, 10,1, 10,9 μ; bande C=C à 6,07 μ).

En accord avec les constantes et analyses citées plus haut, nous avons envisagé une structure diterpénique acyclique. On pouvait en outre supposer l'association de l'hydroxyle et de la double liaison vinylique en un groupement allylique tertiaire, commun en série terpénique. La présence de ce groupement pouvait expliquer le peu de réactivité de la double liaison vinylique envers le tétranitrométhane [6].

En première hypothèse, cet alcool semblait devoir correspondre à l'isophytol (I), ou tétraméthyl-3.7.11.15 hexadecen-1 *ol*-3, qui possède tous les caractères décelés plus haut par spectrographie infrarouge :



Effectivement, le spectre infrarouge de notre substance s'est révélé rigoureusement identique à celui de l'isophytol synthétique, à part une faible différence vers 5,8 μ imputable à une impureté carbonylée de la première (*fig*).



Spectres infrarouges de l'isophytol synthétique et naturel, déterminés avec un appareil de Perkin-Elmer « double-beam » n° 21.

Afin de confirmer l'identité de notre substance par voie chimique, nous l'avons isomérisée par l'action du tribromure de phosphore en milieu pyridinique, selon les procédés utilisés en série terpénique [7]. L'alcool transposé possédait les constantes attendues du phytol (II), ou tétraméthyl-3.7.11.15 hexadecen-2 *ol*-1 : $É_{0,01}$ 135°, n_D^{22} 1,4630, d_4^{22} 0,8519, $[\alpha]_D$ environ —0°,19 (méthanol), $C_{20}H_{40}O$, trouvé %, C 80,93; H 13,71; calculé %, C 81,00; H 13,60.

R. M. trouvée : 95,8 calculée (une double liaison) : 95,6. L'acétate de phytyle a également été obtenu pur au cours de l'isomérisation : $É_{0,04}$ 130° environ, n_D^{20} 1,4562, d_4^{22} 0,8700 ; $C_{22}H_{42}O_2$, trouvé %, C 78,14 ; H 12,47 ; calculé %, C 78,04 ; H 12,50. R. M. trouvée : 105,6 calculée (une double liaison) : 104,9 ; trouvé, % (CO)CH_3 4,54 ; calculé %, 4,44 ; indice de saponification trouvé, 167 ; calculé, 166.

Le pouvoir rotatoire de l'isophytol du jasmin, $[\alpha]_D + 9°,4$ (méthanol), doit être attribué, en presque totalité, au carbone portant l'hydroxyle. En effet, la transposition allylique, qui supprime ce centre asymétrique, conduit à un phytol dont l'activité optique est à peine mesurable. Le phytol extrait de la chlorophylle ne montre, lui aussi, qu'un pouvoir rotatoire très faible (de l'ordre de + 0°,2) ou même quelquefois nul ; les raisons de ce comportement ont été étudiées en détail par P. Karrer et ses collaborateurs ([8]), ([9]).

Nous voyons dans le fait que l'activité optique de l'isophytol étudié soit imputable principalement au carbone portant l'hydroxyle, une preuve de l'origine naturelle de cette substance et excluons l'hypothèse de sa formation à la faveur de réactions secondaires durant la distillation de l'essence de jasmin.

Les autres composants de la fraction d'absolue $É_{0,08}$ 120-160° que nous étudions comprennent une forte quantité de phytol ($É_{0,04}$ 136°, n_D^{21} 1,4640, d_4^{21} 0,8527, calculé %, C 81,00 ; H 13,60 ; trouvé %, C 80,99 ; H 13,49). Nous signalons ce point car, à notre connaissance, le phytol naturel n'a, jusqu'à présent, jamais été trouvé à l'état libre. Il convient pourtant de formuler une réserve selon laquelle ce phytol pourrait éventuellement provenir d'une transposition partielle de l'isophytol au cours de la distillation de l'absolue et ne serait plus, dans ce cas, un métabolite végétal à proprement parler.

([1]) 24e communication sur des substances terpéniques ; 23e communication : S. Bory et P. Dietrich, *Bull. Soc. Chim. Fr.* (sous presse).
([2]) *J. Chem. Ind. Tokyo*, 21, 1918, p. 1117 ; *J. Soc. Chem. Ind.*, A, 38, 1919, p. 117.
([3]) *Helv. Chim. Acta*, 25, 1942, p. 1500.
([4]) *Analytical Chemistry*, 23, 1951, p. 420 ; 25, 1953, p. 1107.
([5]) *Analytical Chemistry*, 26, 1954, p. 960.
([6]) M. Slobodin, *Chemical Abstracts*, 41, 1947, 5851-e.
([7]) L. Ruzicka, G. Firmenich, *Helv. Chim. Acta*, 22, 1939, p. 392.
([8]) *Helv. Chim. Acta*, 26, 1943, p. 1741.
([9]) *Helv. Chim. Acta*, 27, 1944, p. 313.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation de l'acide phénylpyruvique avec la benzylidène-acétophénone*. Note de Mme **Marlyse Kristensen-Reh**, présentée par M. Marcel Delépine.

La condensation équimoléculaire de la benzylidène-acétophénone et de l'acide phénylpyruvique conduit à la formation de deux acides isomères résultant de la fixation additive de l'acide α-cétonique sur la double liaison de la cétone éthylénique.

A la suite des travaux de P. Cordier et Hakim ([1]), ([2]), nous avons établi que l'acide phénylpyruvique se condense équimoléculairement d'une manière irréversible en milieu alcalin hydroalcoolique avec la benzylidène-acétone ou l'anisylidène-acétone ([3]), ([4]), ([5]), en donnant par aldolisation et cyclisation un acide α-alcool γ-cétonique cyclohexanique, la réaction pouvant être schématisée selon le processus suivant :

$$Ar-CH=CH-CO-CH_3 + C_6H_5-CH_2-CO-CO_2H$$
$$\rightarrow Ar-CH-CH_2-CO-CH_2-C(OH)-CH-C_6H_5$$
$$\qquad\qquad | \qquad\qquad CO_2H \qquad |$$
$$Ar = -C_6H_5;\ Ar = -C_6H_4(OCH_3).$$

La réaction de cétolisation est donc suivie d'une réaction additive sur la double liaison activée de la cétone selon un processus du type Michaël.

Poursuivant cette étude, il nous a semblé intéressant d'examiner le comportement du même acide α-cétonique avec la benzylidène-acétophénone (chalcone) dont on connaît la réactivité vis-à-vis de certains corps à hydrogène mobile qui s'additionnent sur la double liaison de la cétone. Les deux corps ont été mis en présence en milieu hydroalcoolique alcalin, à la température ordinaire, la concentration en potasse étant de 2 %. Une précipitation apparaît au bout d'une heure, elle s'accentue peu à peu et est complète après 3 h. Le sel recueilli par filtration est dissous dans l'eau; après acidification par l'acide chlorhydrique dilué on obtient un composé acide constitué par un mélange de deux corps que nous avons séparés par différence de solubilité dans l'alcool éthylique dilué et dans le benzène (rendement total 70 %) : l'un F 105° est assez soluble dans l'alcool et le benzène, l'autre F 168° est beaucoup moins soluble dans l'alcool et insoluble dans le benzène à froid.

Les déterminations de poids moléculaire par acidimétrie s'accordent pour les deux composés avec la structure globale $C_{24}H_{20}O_4$ d'un acide provenant de l'union équimoléculaire de l'acide phénylpyruvique et de la chalcone.

Ces deux acides, en milieu alcoolique, donnent par addition de quelques gouttes de solution de perchlorure de fer une coloration verdâtre qui n'apparaît qu'au bout de quelques instants. En milieu alcalin à chaud, ces corps sont décomposés avec régénération des constituants : acide α-cétonique et cétone.

On peut songer à deux formules différentes selon la possibilité de réaction

$$C_6H_5-CH=CH-CO-C_6H_5 + C_6H_5-CH_2-CO-CO_2H$$
$$\swarrow \qquad \searrow$$

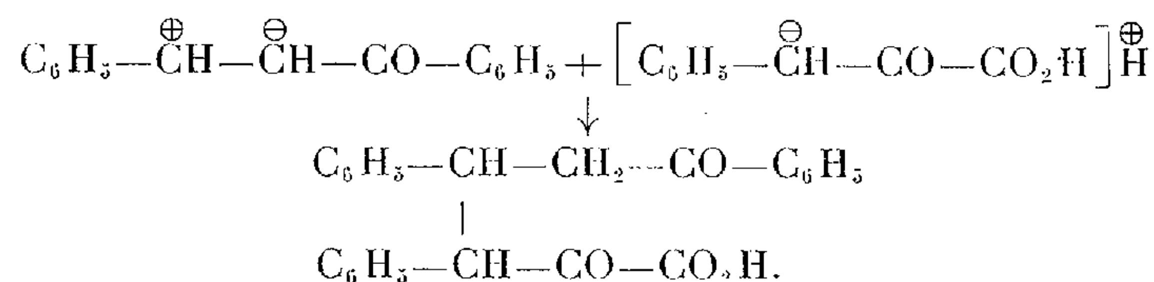
$$C_6H_5-CH-CH_2-CO-C_6H_5 \qquad C_6H_5-CH=CH-C(OH)-C_6H_5$$
$$| \qquad\qquad\qquad\qquad |$$
$$C_6H_5-CH-CO-CO_2H \qquad C_6H_5-CH-CO-CO_2H$$
$$(I) \qquad\qquad\qquad (II)$$

Nous avons constaté que les deux composés, en milieu bicarbonaté dilué, en présence d'alcool éthylique favorisant la dissolution, ne décolorent pas une solution diluée de permanganate de potassium, ce qui montre l'absence de double liaison. Par contre, dans les deux cas, nous avons obtenu avec l'hydroxylamine et avec la semicarbazide respectivement des dioximes et des disemicarbazones dont nous avons vérifié les structures par détermination acidimétrique. Ce comportement des deux acides vis-à-vis de ces réactifs est en faveur de la présence dans la molécule de ces corps de deux groupements carbonyles.

Les dioximes de structure globale $C_{24}H_{22}O_4N_2$ fondent à 138° ou 220° selon le cas de l'acide F 105° ou F 168°; elles sont solubles dans l'alcool et également très solubles dans une solution de CO_3HK au 1/10e, ce qui permet leur purification.

Les disemicarbazones répondent à la formule brute $C_{26}H_{26}O_4N_6$, leur point de fusion est de 220° pour l'acide F 105°, et de 235° pour l'acide F 168°.

On peut donc conclure que la condensation de l'acide phénylpyruvique avec la chalcone se fait selon une réaction du type Michaël, c'est-à-dire par fixation additive de l'acide α cétonique sur la double liaison de la cétone éthylénique, selon le mécanisme électronique suivant :



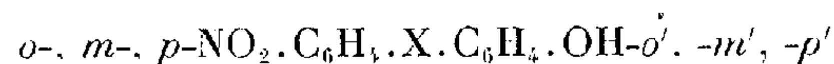
On obtient ainsi le triphényl-3.4.6 dione-2.6 hexanoïque.

(¹) P. Cordier et M. Hakim, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 347.
(²) M. Hakim, *Thèse Doct. Pharmacie*, Strasbourg, 1948.
(³) P. Cordier et Mlle M. Reih, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 414.
(⁴) Mme M. Kristensen-Reih, *Thèse Doctorat État Pharmacie*, Strasbourg, 1954.
(⁵) Mme M. Kristensen-Reih, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1956, p. 882.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur l'absorption dans l'ultraviolet moyen et le visible de quelques hydroxyaniles des nitrobenzaldéhydes et des nitraniles des hydroxybenzaldéhydes.* Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours des recherches chimiques et physiques sur des substances avec une chaîne conjuguée de chromophores sur laquelle sont fixés simultanément les groupements NO_2 et OH j'ai étudié, en particulier, l'absorption dans l'ultra-

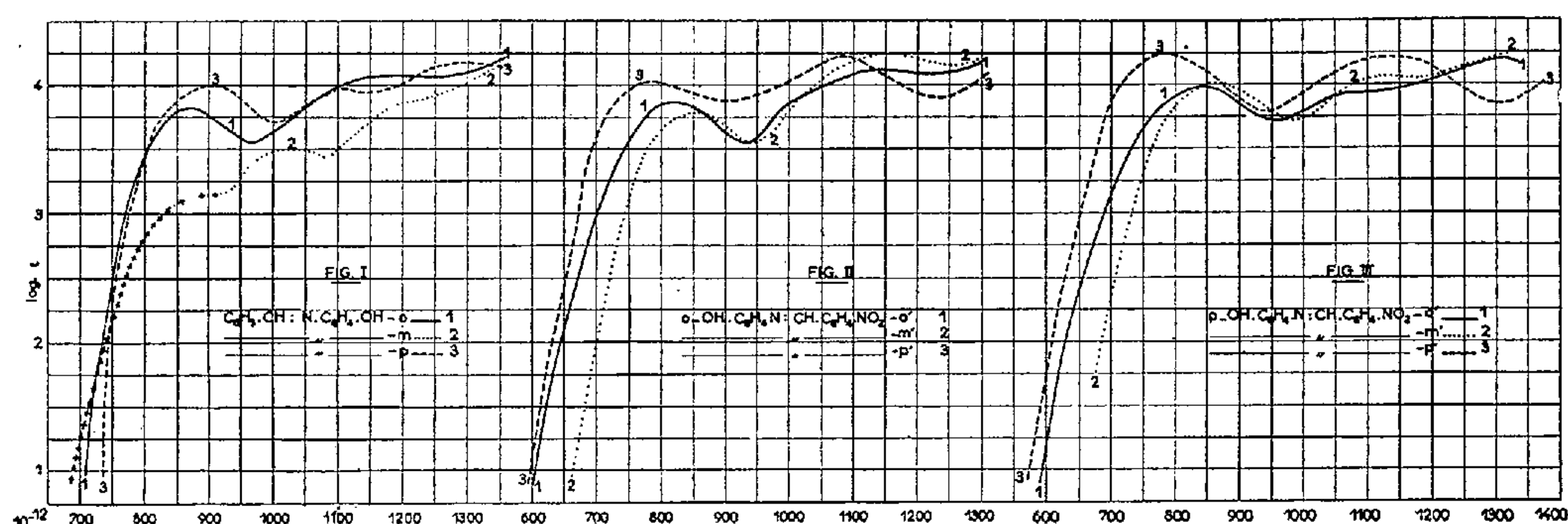
violet moyen et le visible des composés de forme :

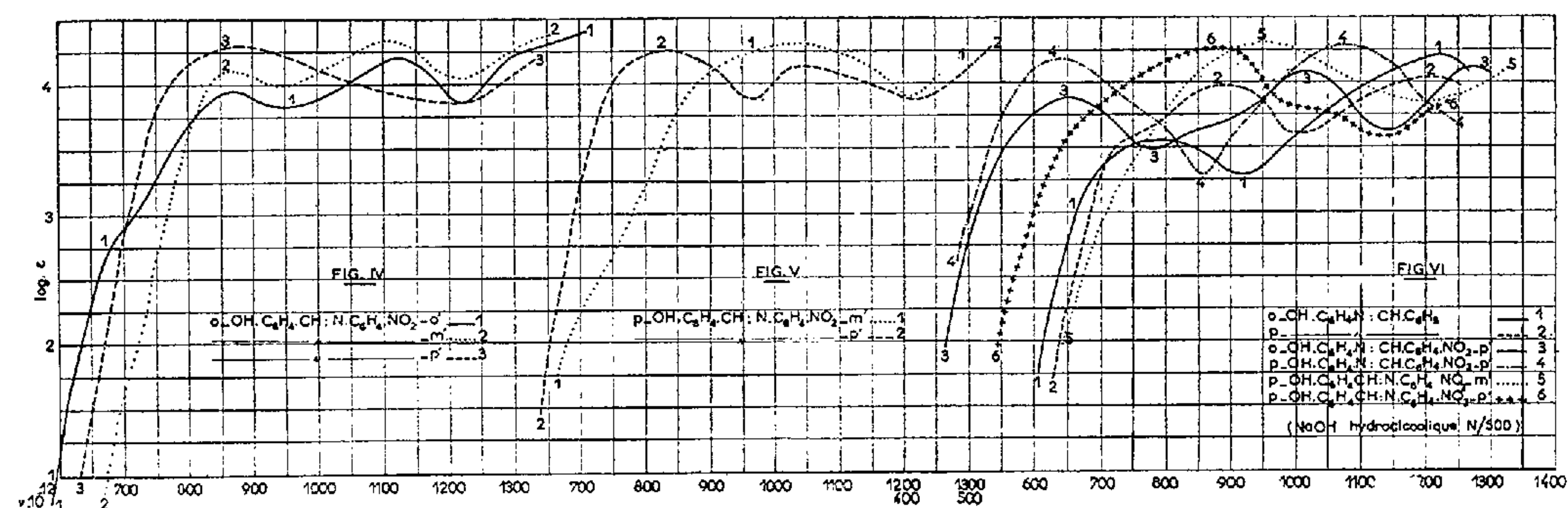


o-, *m*-, *p*-$NO_2.C_6H_4.X.C_6H_4.OH$-*o'*, -*m'*, -*p'*

[où $X = (CH:CH)_n$, $(C_6H_4)_n$ (avec $n = 1, 2, 3$), O, S, NH, CO, S.S, NH.NH, N : N, N : N(: O), CH : N, CH : N(: O), CH : N.NH, N : N.NH, hétérocycle (thiazole, pyrazole, triazole, etc.), etc.].

La présente Note contient quelques résultats concernant l'absorption des solutions dans l'alcool à 95 % des composés suivants (X = CH : N, N : CH) : *o*-, *m*-, *p*-hydroxyaniles du benzaldéhyde ([1]) (*fig.* 1), *o*-hydroxyanile des nitrobenzaldéhydes (*o*, *m*, *p*) (*fig.* 2), *p*-hydroxyanile des nitrobenzaldéhydes (*o*, *m*, *p*) (*fig.* 3), *o*-, *m*-, *p*-nitraniles de l'*o*-hydroxybenzaldéhyde ([1]) (*fig.* 4) et *m*-, *p*-nitraniles du *p*-hydroxybenzaldéhyde ([2]) (*fig.* 5). La figure 6 contient les courbes des solutions dans la NaOH hydroalcoolique N/500 de : *o*-, *p*-hydroxyaniles du benzaldéhyde, *o*-, *p*-hydroxyaniles du *p*-nitrobenzaldéhyde et *m*-, *p*-nitraniles du *p*-hydroxybenzaldéhyde.





Il est à noter que les $OH.C_6H_4.N:CH.C_6H_4.NO_2$ sont, très souvent, plus stables que les composés isomères correspondants $OH.C_6H_4.CH:N.C_6H_4.NO_2$ qui sont, en général, peu stables ([3]) dans les conditions expérimentales utilisées pour leurs mesures.

L'examen des courbes des substances étudiées montre que :

1° Les principales relations qualitatives entre les effets spectraux de nitration (*o*, *m*, *p*) et d'hydroxylation (*o*, *m*, *p*) de la benzalaniline sont analogues à celles observées dans le cas d'autres dérivés azotés du benzaldéhyde [N-phényloxime ([4]), phénylhydrazone ([5]), etc.] et des composés de type $C_6H_5.X.C_6H_5$ [diphénylamine ([6]), etc.].

2° L'échange de position des groupements NO_2 et OH dans les *o*-, *p*-$OH.C_6H_4.CH:N.C_6H_4.NO_2$-*o'*, -*m'*, -*p'* (passage aux isomères *o*-, *p*-$OH.C_6H_4.N:CH.C_6H_4.NO_2$-*o'*, -*m'*, -*p'*) se traduit par un effet bathochrome et, dans certains cas, par un changement dans la forme de leurs courbes.

3° Le passage des solutions alcooliques des substances étudiées à leurs solutions dans la NaOH hydroalcoolique produit, *comme pour les nitrophénols*, un effet bathochrome avec modification très profonde, dans certains cas, dans la forme de leurs courbes. Ceci peut être mis en corrélation avec le fait que l'absorption du phénol et de ses dérivés C-substitués (crésols, hydroxybenzaldéhydes, aminophénols, nitrophénols, etc.) se modifie, en général, profondément (effet bathochrome, etc.) avec l'alcalinisation du milieu. Il est à noter que, dans les mêmes conditions, l'absorption du nitrobenzène et de ses dérivés non hydroxylés (nitrotoluènes, nitrobenzaldéhydes, nitranilines, etc.) ne subit aucune modification sensible.

4° L'effet spectral du passage des solutions alcooliques aux solutions alcalines des $OH.C_6H_4.X.C_6H_4.NO_2$ étudiés est ([7]), en général, plus important pour les $OH.C_6H_4.N:CH.C_6H_4.NO_2$ que pour leurs isomères correspondants $OH.C_6H_4.CH:NC_6H_4.NO_2$.

Enfin, la comparaison des absorption des composés étudiés ici et des composés du type général $NO_2.C_6H_4.X.C_6H_4OH$ dans lesquels X représente un groupement dissymétrique ([8]) (CH:N, NH, CH:(N:O), N:N(:O) etc.) montre que les remarques ci-dessus 1°, 2°, 3° et 4° sont, très souvent, valables pour ces derniers composés. Ainsi par exemple le passage des aniles substituées aux phénylhydrazones correspondantes ([5]) se traduit par un effet bathochrome sans modification, en général, des relations mises en évidence par ces remarques.

([1]) La partie en croix de la courbe de la *m*-hydroxyanile du benzaldéhyde (*fig.* 1) ainsi que la partie vers les grandes longueurs d'onde de la branche ascendante de la courbe de l'*o*-nitranile de l'*o*-hydroxybenzaldéhyde (*fig.* 4) doivent être attribuées à la présence des produits d'altération de ces substances au cours de leurs mesures. Il en est de même pour les composés *m*-$OH.C_6H_4.N:CH.C_6H_4.NO_2$-*o'*, -*m'*, -*p'* et *m*-$OH.C_6H_4.CH:N.C_6H_4.NO_2$-*o'*, -*m'*, -*p'* qui sont instables.

([2]) La présence, dans certaines conditions, du spectre du *p*-hydroxybenzaldéhyde dans les spectres des *o*-, *m*-nitraniles du *p*-hydroxybenzaldéhyde indique la décomposition de ces substances, décomposition vérifiée chimiquement (recherches inédites).

([3]) L'étude des transformations (chimiques et physiques) des substances étudiées ainsi que l'interprétation de leurs spectres feront l'objet d'un mémoire ultérieur.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 965.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 21, 1954, p. 1372 et 1391.

([6]) *Bull. Soc. Chim.*, 21, 1954, p. 99.

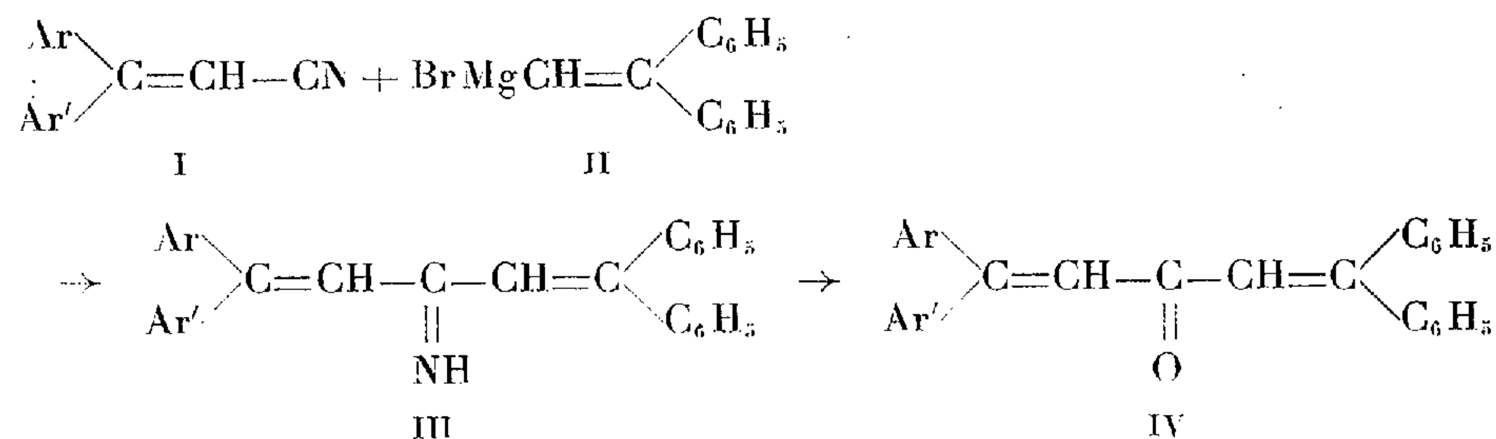
([7]) Comme, d'ailleurs, on pourrait le pressentir d'après l'importance des indices spectraux de conjugaison correspondants.

([8]) Lorsque X représente un groupement symétrique (CH : CH, N : N, O, NH, S, etc) les remarques 2° et 4° sont, évidemment, dénuées de sens.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de préparation de cétones diéthyléniques : diaryl-1.1 diphényl-5.5 pentadiène-1.4 one-3.* Note (*) de MM. **Wladyslaw Chodkiewicz** et **Paul Cadiot**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La condensation du dérivé magnésien du diphényl-1.1 bromo-2 éthylène sur des nitriles acryliques diarylés fournit les cétimines correspondantes qui ont été hydrolysées par adsorption sur alumine activée. Une réaction anormale fournie par le fluorénylidène-acrylonitrile a été élucidée.

Ayant obtenu précédemment ([1]) des nitriles α-éthyléniques diarylés I, nous avons été conduits à étudier leur condensation avec le dérivé magnésien du diphényl-1.1 bromo-2 éthylène II en vue de préparer par l'intermédiaire des cétimines III, les tétra-aryl-1.1.5.5 pentadiène-1.4 one-3 IV par la méthode de Blaise :



Le principe de cette synthèse avait été antérieurement proposé par R. Kuhn et P. Platzer ([2]) sans donner toutefois suite à l'obtention de produits.

En effectuant cette réaction dans l'éther anhydre, nous avons obtenu aisément (tableau) les cétimines sous forme de cristaux faiblement colorés se transformant par action de l'anhydride acétique en dérivés N-acétylés.

Ces cétimines se sont révélées stables vis-à-vis de solutions acides (chlorhydrique ou sulfurique) ou alcaline (soude) même à l'ébullition. Nous avons pu cependant effectuer leur hydrolyse par chromatographie lente sur alumine basique activée (CBT 1 de la Compagnie Péchiney). A cet effet, les cétimines en solution benzénique (1 l/mole) sont adsorbées sur alumine (4 kg/mole); après quelques jours de repos, les cétones sont éluées au mélange éther-benzène.

Ces cétones IV se présentent sous forme de cristaux faiblement jaunes, qui

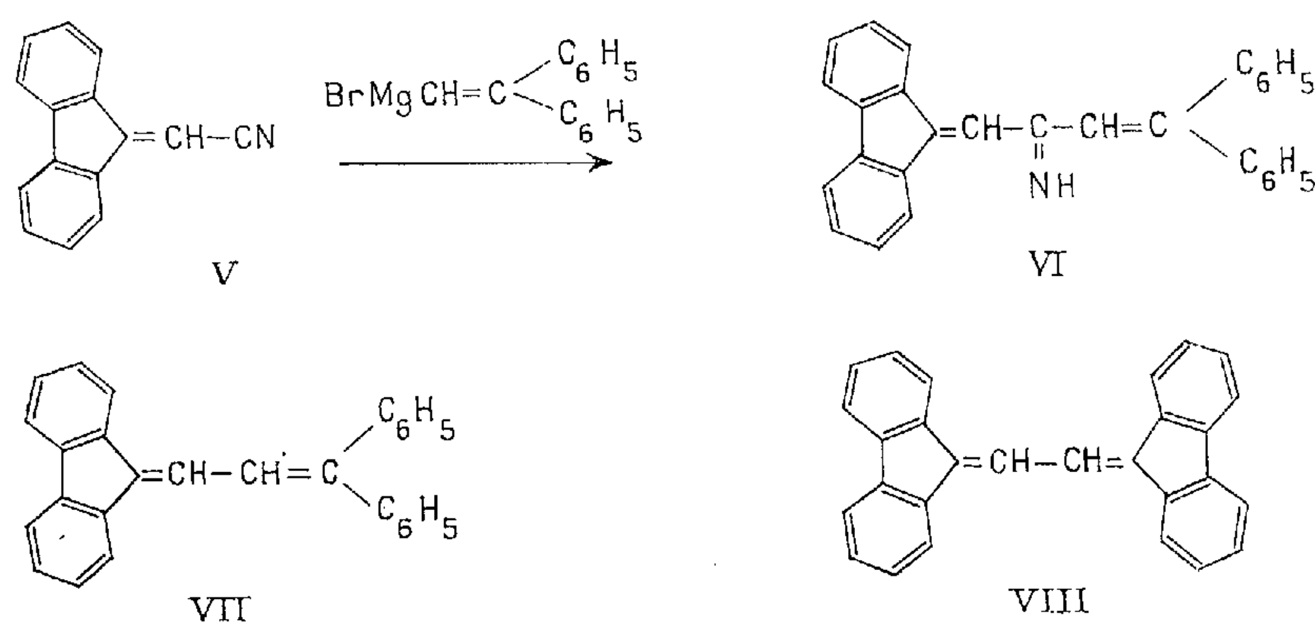
donnent avec l'acide sulfurique concentré des réactions d'halochromie variant du rouge au violet; leurs caractéristiques sont indiquées dans le tableau.

		Cétimines.				Cétones.			
Ar.	Ar'.	F_{inst} (° C).	Rdt (%).		λ_{max} (mμ).	F_{inst} (° C).	Rdt (%).		λ_{max} (mμ).
C_6H_5	C_6H_5	130	59		298	154	88 (*)		310
$p.CH_3.C_6H_4$	C_6H_5	109	53		290	138	93 (*)	223	305
$p.Br.C_6H_4$	$p.Br.C_6H_4$	167	60	223	299	160	94 (*)		305

(*) Rendement par rapport aux cétimines.

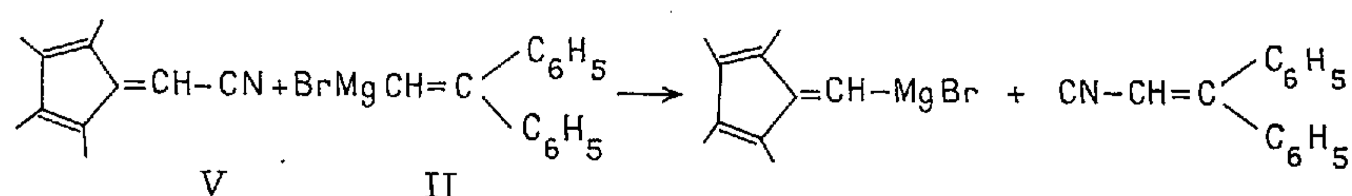
Ce type de condensation présente des anomalies dans le cas du biphénylène-1.1 cyano-2 éthylène V. En opérant en solution dans l'éther nous n'avons obtenu qu'une très petite quantité de la cétimine VI attendue à côté d'un hydrocarbure jaune foncé auquel nous avons été conduits à attribuer la structure du biphénylène-1.1 diphényl-4.4 butadiène VII (F_{inst} 188°); λ_{max}(mμ) chloroforme = 240,380) d'après les résultats de l'analyse élémentaire et de l'étude de l'absorption ultraviolette.

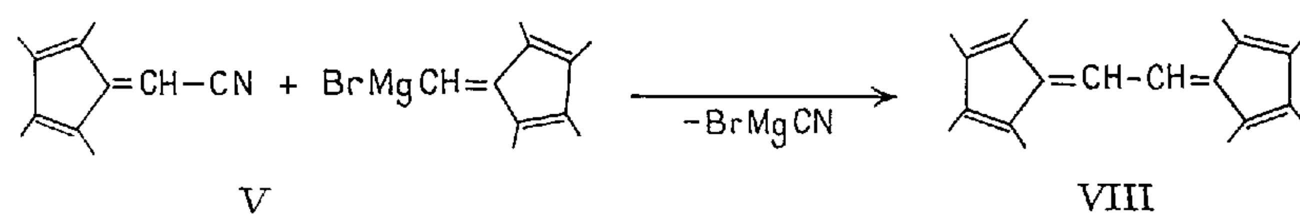
L'opération conduite dans le tétrahydrofuranne se déroule différemment et conduit principalement à l'isolement d'un hydrocarbure orangé qui serait le dibiphénylène-1.1.4.4, butadiène VIII (F_{inst} 412°, λ_{max}(mμ) chloroforme : 247, 268, 418, 440; [3] F 360° avec sublimation λ_{max} pyridine 427, 455; [4] F 372-374° accompagné d'un peu de diène VII.

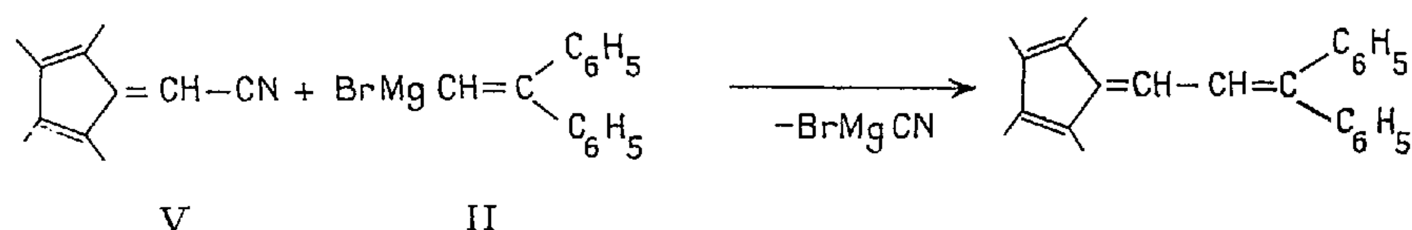


La formation du diène VIII pourrait s'expliquer par deux réactions successives; la première consiste en un échange fonctionnel entre les réactifs V et II mis en œuvre; un tel échange a déjà été signalé ([5]). La seconde réaction est une double décomposition entre les produits formés intermédiairement, le groupement nitrile s'éliminant sous forme d'anion CN; ce fait a été déjà décrit

à plusieurs reprises ([5]), ([6]), ([7]), ([8]). Le diène VII se produit uniquement selon ce deuxième principe à partir des produits V et II.







Ce mécanisme est d'autant plus vraisemblable que l'action du bromure de phénylmagnésium sur le nitrile V conduit effectivement au diène VIII avec de bons rendements.

Nous avons constaté lors de ces diverses condensations la présence de petites quantités de tétraphénylbutadiène dans les produits réactionnels; cette formation n'est pas significative et peut être due au doublement du diphényl-1.1 bromo-2 éthylène sous l'influence du magnésium.

Cette méthode de synthèse de diaryl-1.1 diphényl-5.5 pentadiène-1.4 one-3 a pu être réalisée par suite de la facile formation du dérivé magnésien du diphényl-1.1 bromo-2 éthylène ([9]) : mais elle semble limitée par la difficulté d'obtention des dérivés de Grignard dans le cas des homologues substitués sur les noyaux aromatiques ([9]).

(*) Séance du 26 novembre 1956.

([1]) W. Chodkiewicz et P. Cadiot, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 280.

([2]) *Ber. Chem. Gesels*, 73, 1940, p. 1410.

([3]) R. Kuhn et A. Winstein, *Helv. Chem. Acta*, **11**, 1928, p. 116.

([4]) W. Wislicenius, *Ber.*, **48**, 1915, p. 617.

([5]) A. Christiaen, *Bull. Soc. Chim. Belge*, 33, 1924, p. 483.

([6]) P. Bruylans, *Bull. Soc. Chim. Belge*, 33, 1924, p. 467.

([7]) J. Geurden, *Bull. Acad. Sc. Roy. Belge*, **11**, 1925, p. 701.

([8]) Ch. Dufraisse et J. Mathieu, *Bull. Soc. Chim.*, **302**, 1947.

([9]) C. Hurd et C. Webb, *J. Amer. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 546.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude cinétique de l'action de l'acétate de sodium sur le chlorure de diméthyl-heptyle en milieu acétique glacial.* Note de MM. **Charles Prévost** et **Jean Landais**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le chlorure de diméthyl-heptyle, en milieu acétique glacial, paraît donner des réactions solvolytiques, exactement du premier ordre en solution diluée, et accélérées par la présence d'ions H^+.

Par analogie avec l'étude cinétique de l'action de divers réactifs sodés sur les chlorures tertiaires diméthylés [1], nous avons étudié le comportement de ces chlorures, en particulier du chlorure de diméthyl-heptyle (chloro-2 méthyl-2 octane), dans l'acide acétique glacial, en présence ou non d'acétate de sodium. Nous avons établi les courbes donnant la quantité de produit ayant réagi en fonction du temps pour étudier l'ordre et la vitesse initiale de la réaction en fonction de la concentration des réactifs et de la température. Nous avons fait deux séries d'essais, les uns en milieu concentré (réactifs en solution N à N/10), les autres en solution diluée (N/100).

Étude en solution concentrée. — Nous avons travaillé aux températures de 50, 65, 80° :

1° la réaction entre le chlorure de diméthyl-heptyle et l'acétate de sodium, en solution concentrée, n'est jamais rigoureusement du premier ordre (K_1 varie de 5 à 20 %);

2° si la concentration en acétate de sodium reste inférieure ou égale à la quantité stœchiométrique, la vitesse initiale de la réaction est constante. La vitesse initiale de minéralisation du chlore, le chlorure étant en solution dans l'acide acétique glacial seul, sans acétate de sodium, est la même que précédemment. Pour des quantités d'acétate de sodium supérieures à la quantité moléculaire la vitesse de la réaction augmente très sensiblement (cette vitesse est 1, 1,15, 1,35 pour des quantités d'acétate une deux, cinq fois la quantité moléculaire);

3° la vitesse de la réaction, en solution acétique glacial, du chlorure de diméthyl-heptyle avec l'acétate de sodium (quantités moléculaires) est sensiblement indépendante de la concentration globale.

Notons qu'à 65°, le début de chacune des courbes donnant la quantité de chlore minéralisé en fonction du temps est sensiblement une droite.

Étude en solution diluée (N/100). — Nous avons travaillé aux même, températures que précédemment, soit 50, 65, 80°.

1° Chaque échantillon comprenait 1/2 000e de mole de chlorure de diméthyl-heptyle. Les quantités d'acétate de sodium variaient de 1/20 000^e

à 1/100e de mole. Les vitesses initiales sont très sensiblement les mêmes quelles que soient les quantités d'acétate de sodium (même pour 1/20 000e de mole). La vitesse de la réaction augmente très légèrement pour les très fortes concentrations en acétate de sodium;

2° Dans l'acide acétique glacial seul, en solution diluée, la vitesse initiale de minéralisation du chlore est égale au double de la vitesse précédente. Cette vitesse augmente encore en présence d'acide sulfurique et est multipliée par 2,5. Ceci est vrai pour les trois températures considérées;

3° Si, pour la même quantité d'acétate de sodium (1/20 000e de mole) nous mettons des quantités croissantes : 1, 4, 8, 20/1000e de mole de chlorure, les vitesses sont entre elles comme 1, 4, 6, 14.

Pour des quantités moléculaires de chlorure de diméthyl-heptyle et d'acétate de sodium, et aussi pour un faible excès d'acétate, la réaction est rigoureusement du premier ordre par rapport au chlorure à toutes les températures étudiées.

L'énergie moyenne d'activation de la réaction est 26,6 kcal entre les températures de 50 et 65°, et 24,7 kcal entre les températures de 65 et 80°

Cette étude expérimentale montre donc que :

1° L'ordre de la réaction devient égal à 1 seulement pour les fortes dilutions et à toutes les températures étudiées;

2° A une même température la vitesse initiale augmente en fonction de la quantité d'acétate de sodium pour les fortes concentrations et très peu pour les concentrations faibles;

3° A une même température :

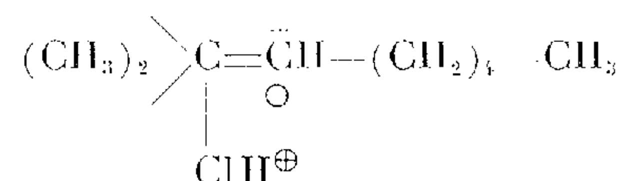
a. pour les *fortes concentrations* la vitesse de minéralisation du chlore, le chlorure étant dissous dans l'acide acétique glacial seul, est la *même qu'en présence d'acétate*;

b. pour les *fortes dilutions* cette vitesse est sensiblement *doublée* par l'*absence* d'acétate et encore accélérée par la présence d'acide sulfurique. Il suffit de la présence de 1/20 000e de mole d'acétate pour 1/2 000e de mole de chlorure de diméthyl-heptyle dans 50 cm^3 d'acide acétique pour diviser par 2 la vitesse initiale de la réaction.

Nous avons, d'autre part, fait l'étude chimique de la réaction, à 65°, en milieu concentré, on obtient 70 % de carbure éthylénique (dosé par Br_2) en C_9 et 30 % d'acétine (hydrolyse par NaOH et titrage en retour par l'acide sulfurique). Les résultats sont les mêmes avec les proportions moléculaires ou avec le double d'acétate de sodium. A 80° on obtient 85 % de carbure éthylénique et 15 % d'acétine.

La réaction que nous avons étudiée paraît se comporter comme une réaction solvolytique. Comme en milieu alcoolique, la formation du

pseudomère :



considérée comme phase lente de la réaction, peut rendre compte de l'ordre 1 observé. Ce pseudomère donnerait ensuite le carbure éthylénique correspondant par élimination de HCl, ou l'acétine avec l'acétate de sodium.

La perturbation de l'ordre 1 pour les fortes concentrations peut être due à deux facteurs agissant simultanément :

1° La force ionique de la solution (action notable déjà observée par l'école anglaise dans d'autres cas de solvolyse) (2);

2° Une lente réaction bimoléculaire entre les réactants : l'augmentation de la vitesse initiale avec les quantités d'acétate de sodium est en effet beaucoup plus sensible pour les concentrations fortes que pour les fortes dilutions.

La dissolution d'acétate de sodium dans l'acide acétique provoque une régression de la dissociation de l'acide et le nombre d'ions H^{-} peut être diminué fortement par cette dissolution. Si la vitesse initiale de la réaction étudiée ici est liée à la présence d'ions H^{+}, l'addition d'acétate de sodium doit provoquer une diminution de cette vitesse. C'est bien ce qui a lieu en solution diluée, c'est-à-dire quand l'action de la force ionique de la solution devient négligeable. L'étude quantitative de ce phénomène paraît délicate car il a lieu en milieu anhydre.

(1) J. Landais, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 315.

(2) L. C. Bateman, E. D. Hughes et C. K. Ingold, *J. Chem. Soc.*, 1940, p. 960-974.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle transposition propargylique : préparation des cétones alléniques.* Note de Mme **Françoise Bardone-Gaudemar**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le N-N diméthylbenzamide, $C_6H_5-CO-N(CH_3)^2$, réagit sur les magnésiens α-acétyléniques substitués du type $R-C\equiv C-\underset{MgBr}{CH}-R'$. La condensation se fait avec transposition propargylique partielle et conduit à un mélange des deux cétones isomères : $R-C\equiv C-\underset{CO-C_6H_5}{CH}-R'$ et $R-\underset{CO-C_6H_5}{C}=C=CH-R'$.



Notre étude a porté sur les trois bromures α-acétyléniques suivants :

$CH_3-C\equiv C-CH_2Br$ bromo-1-butyne-2,

(1) $CH_3-C\equiv C-CHBr-CH_3$ bromo-3-pentyne-2,

(2) $C_4H_9-C\equiv C-CH_2Br$ bromo-1-heptyne-2.

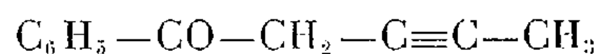
Ils ont été obtenus par éthérification des alcools correspondants au moyen du tribromure de phosphore.

Les magnésiens ont été préparés en maintenant la température du milieu au voisinage de 20°; dans ces conditions la duplication est minime. Le N-N diméthylbenzamide, en défaut, est condensé entre 10 et 20°. Après destruction par l'acide sulfurique dilué et traitements habituels, le mélange des deux cétones est distillé sous pression réduite.

Voici nos résultats dans les trois cas étudiés :

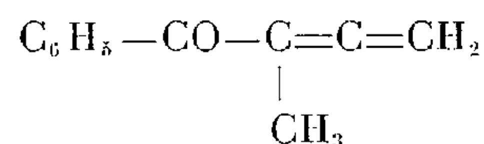
1° *Bromo-1-butyne-2.* — Le produit de la réaction est un liquide visqueux. $É_{0,05\,mm}$: 90-95°.

Par simple refroidissement une partie cristallise ; plusieurs recristallisations conduisent à une fraction fondant à 47°, point qui ne peut être élevé. L'étude chimique et infrarouge (fréquences acétyléniques : 2 245 cm^{-1} et 2 209 cm^{-1} ; fréquence C=O : 1 683 cm^{-1}) a confirmé la structure de la cétone β-acétylénique attendue



non mentionnée dans la littérature.

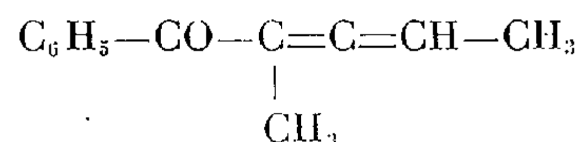
La fraction liquide est constituée par la cétone allénique



souillée de l'isomère acétylénique. Spectre infrarouge : fréquences alléniques : 1 933 cm^{-1} et 1 956 cm^{-1}; fréquence acétylénique : 2 232 cm^{-1}, très faible ; fréquences C=O : 1 649 cm^{-1} et 1 683 cm^{-1}.

Rendement global : 63 %.

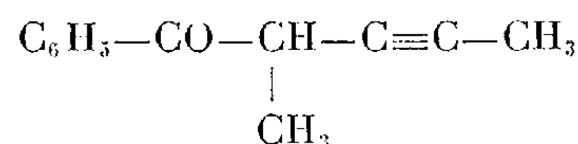
II. *Bromo-3-pentyne-2.* — Seul l'isomère allénique



a pu être isolé à l'état pur avec un rendement de 40 %.

$E_{0,05\,mm}$: 77°. F 17°. Spectre infrarouge : fréquence allénique : 1 946 cm^{-1}; fréquence C=O : 1 649 cm^{-1}.

Nous avons pu mettre en évidence la présence de l'isomère acétylénique

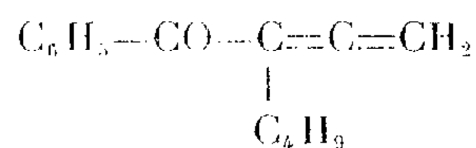


dans les liqueurs mères de cristallisation.

III. *Bromo-1-Heptyne-2.* — Il n'a pas été possible jusqu'ici, de séparer la cétone acétylénique :



de la cétone allénique :



Point d'ébullition du mélange $É_{0,1mm}$: 95°. Rendement : 24 %. Spectre infra-rouge : fréquence acétylénique : 2214 cm⁻¹; fréquence allénique : 1931 cm⁻¹.

Conclusion. — Il résulte de ces premières expériences que la condensation du N-N diméthyl benzamide sur les magnésiens α-acétyléniques substitués constitue une méthode de préparation assez générale des cétones β-acétyléniques et alléniques, ces dernières étant inconnues jusqu'à présent.

(¹) M. GAUDEMAR, Thèse, Paris, 1956.
(²) J. WOTIZ, F. MILLER et R. PALCHACK, *J. Am. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5055.

GÉOLOGIE. — *Phtanites à algues d'eau douce dans le terrain houiller des Alpes.* Note de M. **JEAN FABRE**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Découverte de phtanites (quartzolithes) à Cyanophycées probables dans des dépôts d'eau douce du Carbonifère (Westphalien D-Stéphanien) de la « zone houillère » en Savoie.

Le Carbonifère supérieur de la « zone houillère » (zone briançonnaise *s. str.*) contient en Savoie deux bancs de phtanite, l'un dans la vallée de Belleville (entre Arc et Isère), l'autre au Sud de l'Arc, dans le massif de Roche Chateau.

Le premier de 1 à 2 m d'épaisseur, est interstratifié dans des schistes noirs et des grès, au sommet d'une série à charbon, datée du Westphalien D-Stéphanien inférieur. On le suit du Sud au Nord sur 16 km, depuis le col des Encombres jusqu'au col de Leschaux. Le second, moins épais (0,50 m), se trouve dans une série stérile claire surmontant la série ci-dessus, et attribuée au Stéphanien moyen [1]. Dans les deux cas, la roche est interstratifiée dans des couches qui, selon toutes probabilités, se sont déposées en eau douce. C'est un phtanite ou, si l'on veut, un quartzolithe [2] formé d'une fine mosaïque de quartz, parsemée de rares éléments détritiques (mica, quartz). En lumière naturelle, le microscope montre un feutrage de filaments droits ou flexueux de 15 à 20 μ de diamètre, semblables à ce que L. Cayeux a décrit comme spicules d'éponges d'eau douce dans le Stéphanien du Gard [3].

Le phtanite de la vallée de Belleville est entièrement rempli de ces organismes, à l'exclusion de tous autres, ce qui lui donne à fort grossissement un aspect cérébroïde. Les sections longitudinales ne montrent, ni divisions en cellules, ni constrictions périodiques. Les extrémités ne sont prati-

quement jamais visibles. On observe dans quelques préparations des bifurcations suivant un angle variable. Le « tronc » et les « branches » ont même diamètre (20 μ). Nulle part on ne voit de canal central. Les sections transversales (20 μ) sont rondes ou, lorsqu'elles sont serrées les unes contre les autres, ovales ou polygonales. Dans certaines préparations, elles semblent parfois s'ordonner en groupements centrés, de 7 ou 8 par exemple, ou en couches concentriques intéressant un grand nombre d'individus. Ces dispositions, assez rares, surtout la seconde, sont peut-être fortuites.

Ces organismes ne paraissent pas avoir subi de transport, au plus un léger tassement en eau calme. Une matière carbonée les enrobe. C'est elle qui donne sa couleur à la roche. Au voisinage des diaclases, elle a quelquefois disparu. La roche, noire habituellement, est alors blanc sale, et la structure organique est effacée.

Les organismes du phtanite de Roche Chateau ont un diamètre moindre (15 μ). Le feutrage est moins dense et contient des débris de pseudo-tissu et des amas gris, informes, traversés en tous sens par les tubes décrits plus haut, ou limités par des parois sub-parallèles. Enfin de nombreuses sections ovoïdes (150 à 350 μ) pourraient peut-être être rapportées à de très petits ostracodes.

L'hypothèse d'un « jeu de la nature », un moment envisagée, doit actuellement être exclue; de même, celle de spicules d'éponges monactinellides : le canal signalé par L. Cayeux au centre de quelques tubes paraît être un artefact dû par exemple à des superpositions. En définitive, tout porte à croire qu'il s'agit d'algues. De l'avis de M. le Professeur Feldmann, qui a examiné quelques-unes des préparations, ces tubes enchevêtrés, sans orientation privilégiée nette, rarement divisés sous un angle variable, constituant une roche homogène (on ne peut en aucun cas distinguer de massifs individualisés) peuvent être interprétés comme des gaines de Cyanophycées. En l'absence de toute structure cellulaire conservée, il est évidemment impossible d'en donner une détermination spécifique. Selon M. Feldmann, du point de vue écologique, cette hypothèse est beaucoup plus vraisemblable que celle d'algues siphonées, du groupe des *Vaucheria* dont nous aurions ici les membranes conservées : les Cyanophycées sont connues actuellement aussi bien dans les eaux sursalées ou saumâtres (marais salants, lagunes) que dans les eaux calcaires ou siliceuses des geysers ([4]). Elles peuvent former sur le fond une sorte de carton naturel constitué par un feutrage de gaines vides (sauf à la partie supérieure), mêlées ou non à de l'argile ou des particules sableuses. Ce carton peut alterner périodiquement avec des lits argileux (*cf.* les phtanites du Gard). C'est le cas par exemple de *Microcoleus chtonoplastes* Thuret, qui vit actuellement dans les marais salants. La Cyanophycée carbonifère a dû présenter des analogies avec cette algue. Toutefois ses gaines devaient être plus

individualisées, moins diffluentes que celles de *Microcoleus*, se rapprochant plutôt de celles de *Lyngbya*.

Ces Cyanophycées ont pu, dans des conditions favorables, constituer assez rapidement des couches épaisses, uniformes sur une grande étendue. Ce carton naturel, gorgé d'eau, est assez rigide pour que les gaines de la partie inférieure ne soient pas écrasées par le poids des sédiments surincombants, avant la consolidation de la roche.

La silicification paraît contemporaine du dépôt. Elle est très homogène et rien ne permet de penser qu'il y ait eu, par exemple, épigénisation d'un calcaire.

Ces Cyanophycées n'ont donc pas vécu, comme les Girvanelles, en milieu marin, mais selon toutes probabilités, dans de grands lacs marécageux en bordure de la Cordillère de l'Europe moyenne. Dans une période d'apport détritique très réduit, l'eau s'est trouvée momentanément surchargée de silice. Ce phénomène est probablement en relation avec les manifestations volcaniques du Stéphanien moyen (5). Notons qu'une telle origine de la silice avait déjà été envisagée par Grand'Eury pour les phtanites du Gard (6).

(1) J. Fabre, *Bull. Carte géol. France*, 2, n° 241, 1955, p. 238.
(2) L. Cayeux, *Mém. Carte géol. France*, 1929, p. 689.
(3) *Ibid.*, p. 229 et *pl.* XVII, *fig.* 3 et 4.
(4) J.-J. Copeland, *Ann. of New York Acad. Sc.*, 36, 1936, p. 1-122.
(5) J. Fabre, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1795.
(6) C. Grand'Eury, *Le bassin houiller du Gard*, 1890, p. 89.

PÉDOLOGIE. — *Méthodes permettant le contrôle de la résistance des conditionneurs de sol aux actions microbiennes*. Note de MM. **Stéphane Henin**, **François Cardey** et **Albert Rœsch**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

On a constaté depuis longtemps que l'addition à un échantillon de terre de produits fermentescibles, même aussi simples que les sucres, augmente la stabilité de la structure : c'est-à-dire permet aux petits agglomérats de sable et d'argile constituant le sol de ne pas être disloqués par l'action de l'eau. C'est à J. H. Quastel (1) que revient le mérite d'avoir montré que cet effet était dû à la formation de produits organiques à longues chaînes tels que les polyuronides. Il suffit en effet d'appliquer directement sur un sol de telles substances même à la dose de quelques dix millièmes pour accroître dans des proportions considérables la résistance des agrégats à l'action de l'eau.

Malheureusement, ces substances sont très sensibles aux actions microbiennes et, bien entendu, leur destruction a pour conséquence la dispa-

rition de l'effet stabilisant. C'est pourquoi, les chimistes ont cherché à remplacer les produits naturels par des produits artificiels résistant aux actions microbiennes tels que les polyacrylates.

L'efficacité de ces produits a suscité un vif intérêt mais comme ils sont d'un prix trop élevé pour permettre une utilisation systématique dans la pratique, on a proposé de leur substituer soit des sous-produits industriels, soit même des produits de transformation de produits naturels tels que les carboxy-méthyl-celluloses. Un certain nombre de ces substances peuvent accroître la stabilité structurale des sols du moins dans les expériences de laboratoire. Mais de tels amendements ne peuvent donner des résultats satisfaisants dans la pratique que s'ils résistent aux actions microbiennes. Il était donc nécessaire de pouvoir doubler les tests de stabilité structurale utilisables au laboratoire par des tests de résistance aux actions biologiques utilisables dans les mêmes conditions. Dans ce but, nous avons imaginé la méthode suivante :

On utilise comme matériel une terre naturellement instable constituée par un horizon B d'un sol de limon. L'échantillon prélevé est séché à l'air et l'on sépare par tamisage les particules comprises entre 0,2 et 2 mm qu'on divise en fractions de poids égal. Chacune d'entre elles est ensuite imbibée par vaporisation avec une solution contenant soit de l'eau pour les témoins, soit une solution de conditionneurs à tester. La quantité d'eau ajoutée correspond sensiblement à la capacité pour l'eau de la terre. Le principe de cette méthode a été décrit antérieurement ([2]). On laisse ensuite sécher les différents échantillons à l'air, puis on les réimbibe de la même façon soit avec de l'eau, soit avec une solution contenant une petite quantité d'une substance permettant la fermentation du conditionneur : en général, on ajoute de l'urée. Comme le conditionneur est constitué par une substance riche en carbone on crée ainsi un milieu favorable au développement microbien dans la mesure où elle est utilisable par les microorganismes. Immédiatement après l'addition de produits azotés, une partie des échantillons est mise à sécher, l'autre est abandonnée dans des récipients, fermés par des bouchons de liège, à une température de 18° environ pendant un mois, l'humidité est maintenue constante. Le matériel est ensuite séché à l'air, puis soumis à l'analyse des agrégats comparativement avec les échantillons séchés sans avoir eu le temps de fermenter et qui servent de témoins. Le tableau suivant montre l'allure des résultats obtenus.

On constate que la stabilité structurale des témoins traités à l'eau varie peu. Il en est de même après addition de petites quantités d'urée, par contre l'addition de 2 % de ce corps produit un effet très marqué. Un résultat du même ordre peut être noté avec les échantillons additionnés de polyacrylate. Toutefois, la stabilité après fermentation diminue beau-

coup moins même en présence de la plus forte dose d'urée. Les échantillons traités par la carboxy-méthyl-cellulose (C. M. C.) sont par contre extrêmement sensibles aux fermentations en présence d'urée à tel point qu'avec 2 % de cet élément la terre se comporte comme le témoin additionné de 2 % de ce produit azoté.

	% des particules > 0,2 mm résistant à l'action de l'eau dans des conditions standard.					
	Essai avec 1 ‰ d'urée.			Essai avec 2 % d'urée.		
	Témoins séchés à l'air			Témoins séchés à l'air		
Traitement de l'échantillon.	après la 1re pulvérisation.	après la 2e pulvérisation.	Après 31 jours de fermentation.	après la 1re pulvérisation.	après la 2e pulvérisation.	Après 16 jours de fermentation.
1. Témoin..................	14,5	9,0	11,0	11,5	10,5	10,0
2. Témoin + 1 ‰ d'urée....	14,0	8,5	10,5	–	–	–
3. Témoin + 2 % d'urée....	–	–	–	12,5	10,0	3,0
4. Polyacrylate 5 pour 10 000 + 1 ‰ d'urée.........	52,5	41,5	46,0	–	–	–
5. Polyacrylate 5 pour 10 000 + 2 % d'urée..........	–	–	–	47,0	39,7	31,0
6. C. M. C. 5 pour 10 000 + 1 ‰ d'urée.........	60,8	50,5	36,0	–	–	–
7. C. M. C. 5 pour 10 000 + 2 % d'urée..........	–	–	–	66,5	52,0	4,5

Si le conditionneur de sol est très riche en azote on pourrait utiliser comme activateur de fermentation un sucre. Toutefois, l'apport de tels substances peut présenter un inconvénient puisque nous savons que même en quantité relativement faible elles peuvent grâce au développement des microorganismes qu'elles provoquent exercer un effet agrégeant. Il est donc nécessaire, pour vérifier la non activité de ce corps, d'effectuer des essais en utilisant l'activateur seul comme nous l'avons fait pour l'urée.

Cette méthode permet donc d'éliminer par des essais de laboratoire les substances qui tout en ayant une action stabilisante immédiate sur la structure ne présenteraient pas vis-à-vis des microorganismes une résistance justifiant leur utilisation pratique comme conditionneurs de sol.

(1) *Sc. Prog.*, **40**, 1952, p. 385-402.
(2) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 517.

PALÉOBOTANIQUE. — *A propos des Sphénoptéridées et de* Sphenopteris Note de M. **Jacques Danzé**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La famille des Sphénoptéridées comprend, en réalité, des Ptéridophytes (= *Filicinæ*), des Ptéridospermophytes, des Archæoptéridales et des végétaux *incertæ affinitatis*. Si l'on en retire les genres s'apparentant aux familles de fougères actuelles et d'autres qui peuvent constituer des familles uniquement fossiles, « Sphénoptéridées » et « Sphenopteris » ne doivent plus désigner désormais que des végétaux d'affinité incertaine.

Lors de la création du terme *Sphenopteris* en 1822, A. Brongniart (¹), son auteur, en donna la définition suivante : « pinnules cunéiformes, arrondies ou lobées à l'extrémité et à nervures palmées ou rayonnantes de la base de la pinnule ».

Sphenopteris ne pouvait donc, à l'origine, prétendre à une valeur de genre au sens botanique du mot, mais rassemblait simplement des plantes fossiles présentant des ressemblances dans leur morphologie foliaire. Parmi ces végétaux, au nombre considérable, il fut, par la suite et grâce aux progrès de la Paléobotanique, possible de caractériser des genres aux positions systématiques extrêmement variées; l'ensemble de ces « genres sphénoptéridiens » constitua la famille des Sphénoptéridées dont la définition ne fut pratiquement jamais précisée.

Dans ces conditions, la famille des Sphénoptéridées renfermait un assemblage hétéroclite de plantes fossiles qui, pour la plupart, n'y avaient été rangées que de façon implicite et se répartissaient en :

1° Ptéridophytes (= *Filicinæ*) eu-, protolepto- ou leptosporangiées; 2° Ptéridospermophytes; 3° Archæoptéridales; 4° végétaux *incertæ affinitatis*.

Étant donnée la certitude de l'appartenance de certains genres sphénoptéridiens aux Filicinées ou aux Ptéridospermées, l'emploi du terme « Sphénoptéridées » pour désigner à la fois chacun de ces groupes devenait totalement illogique et ne pouvait être maintenu.

D'autre part, en ce qui concerne la nomenclature, le terme *Sphenopteris* continuait à être utilisé, même pour désigner des espèces dont la position systématique était connue et dont la fructification portait un nom de genre particulier.

Si l'on cherche à éclaircir ce complexe on arrive, en fonction des dernières connaissances acquises en Paléobotanique, aux résultats suivants :

1° en ce qui concerne les Ptéridophytes (= Filicinées), les Sphénoptéridées comportent de nombreux genres, qu'il n'y a plus lieu de maintenir dans cette famille, parce que, selon les cas :

a. ou bien leurs affinités avec des familles de fougères actuelles sont

suffisantes pour qu'on puisse désormais les y ranger (ex. : *Hymenophyllites* qui doit s'apparenter aux Loxsomacées; *Discopteris*, assimilable aux Osmundacées);

b. Ou bien ces genres forment des groupes homogènes susceptibles de constituer des familles uniquement fossiles pouvant prétendre à l'équivalence avec les familles de fougères actuelles (ex. : *Crossotheca* qui est suffisamment caractéristique pour justifier la création de la famille des Crossothécacées; *Urnatopteris*, *Renaultia*, *Myriotheca*, etc., qui peuvent être aisément rassemblées dans la nouvelle famille des Urnatoptéridacées).

2° En ce qui concerne les Ptéridospermophytes, l'absence de connaissances précises au sujet de leurs fructifications oblige à conserver des groupes provisoires, mais autonomes, basés essentiellement sur la morphologie. Cette même morphologie permet néanmoins d'envisager des divisions à la valeur presque intégralement botanique, puisqu'elles sont directement en rapport avec l'anatomie (exemple des Diplotmémées qui peuvent être distribuées en « integrivestitæ » et « partivestitæ », en fonction de la présence ou de l'absence de pennes sur le rachis principal).

3° Cette distribution des genres sphénoptéridiens conduit, du point de vue de la nomenclature, à reléguer, pour les cas précités, le terme *Sphenopteris* en deuxième rang, le nom de genre devant être, soit celui de la fructification pour les Filicinées, soit celui du « groupe de forme » pour les Ptéridospermophytes.

4° Les genres d'affinité archæoptéridienne doivent être purement et simplement affectés aux Archæoptéridales, elles-mêmes composites.

5° Par conséquent, la famille des Sphénoptéridées se trouve réduite et ramenée à sa conception originelle, c'est-à-dire à grouper provisoirement un ensemble de végétaux d'affinité incertaine, correspondant à la définition suivante :

« Famille composite, groupant uniquement des végétaux fossiles d'affinité incertaine, soit ptéridophyte, soit ptésidospermophyte, répartis en plusieurs genres et possédant comme seul caractère commun des pinnules de petite ou très petite taille, fortement divisées, avec des lobes eux-mêmes dentés ou ondulés. »

Quant au genre compréhensif *Sphenopteris*, désormais restreint à des végétaux d'affinité incertaine, il reprend une signification analogue à celle que lui avait conférée son auteur et qui peut se traduire par la nouvelle diagnose :

« Végétaux fossiles d'affinité incertaine, pouvant être rapportés aux Ptéridophytes ou aux Ptéridospermophytes. Port variable, herbacé à presque arborescent. Frondes simples ou bifides, plusieurs fois pennées. Pinnules de petite ou très petite taille, avec des lobes arrondis ou anguleux, au bord souvent ondulé ou entaillé, se divisant très rapidement; nervation

en éventail à partir de la base de l'élément de dernier ordre ou plusieurs fois dichotome, les nervures secondaires et tertiaires gagnant chacune une dent ou une ondulation de la pinnule ou des lobes. »

(1) *Mém. Muséum Hist. Nat.*, 8, 1822, p. 209.

GÉOPHYSIQUE. — *L'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques sur ondes kilométriques et myriamétriques.* Note (*) de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Pierre Lejay.

Les enregistrements de niveau moyen effectués sur les fréquences correspondant aux ondes kilo- et myriamétriques font apparaître que les atmosphériques se comportent, dans les conditions indiquées, comme les impulsions brèves définissant le fonctionnement du récepteur enregistreur.

Nous avons montré (1) que, pour les fréquences correspondant aux ondes kilométriques et myriamétriques, la cadence de succession des atmosphériques d'amplitude suffisante pour actionner un récepteur-enregistreur, était, dans les conditions d'expérimentation, indépendante de la largeur de la bande passante et même de la structure du récepteur, pourvu que le seuil de fonctionnement, défini par une impulsion brève (2), soit maintenu constant.

Les expériences ont été étendues à l'enregistrement du champ moyen des atmosphériques (3).

La figure reproduit des enregistrements du niveau moyen des atmosphériques effectués, du 20 au 21 novembre 1956, au Laboratoire National de Radioélectricité à Bagneux, sur la longueur d'onde de 11 km.

N′ et T′ sont des enregistrements de champ moyen. N et R/5 sont des enregistrements de cadence pour un même seuil de fonctionnement des récepteurs enregistreurs correspondant à 80 Mx par unité de hauteur effective de l'aérien (en mètres).

Les enregistrements N et N′ ont été obtenus avec un même récepteur réalisé pour fournir, sans interaction, un enregistrement N de cadence et un enregistrement N′ de champ moyen.

Les enregistrements R/5 et T′ ont été obtenus avec des récepteurs différents.

Le récepteur de N et N′ avait une bande passante de 800 p/s : le récepteur de T′ avait une bande passante de 100 p/s et le récepteur R/5 une bande passante de 200 p/s.

N′ et T′ ont été réglés pour obtenir le même niveau, sur le diagramme, avec un générateur d'impulsions à capacité pourvu d'un relais alimenté par le secteur, produisant 50 impulsions Φ par seconde (1).

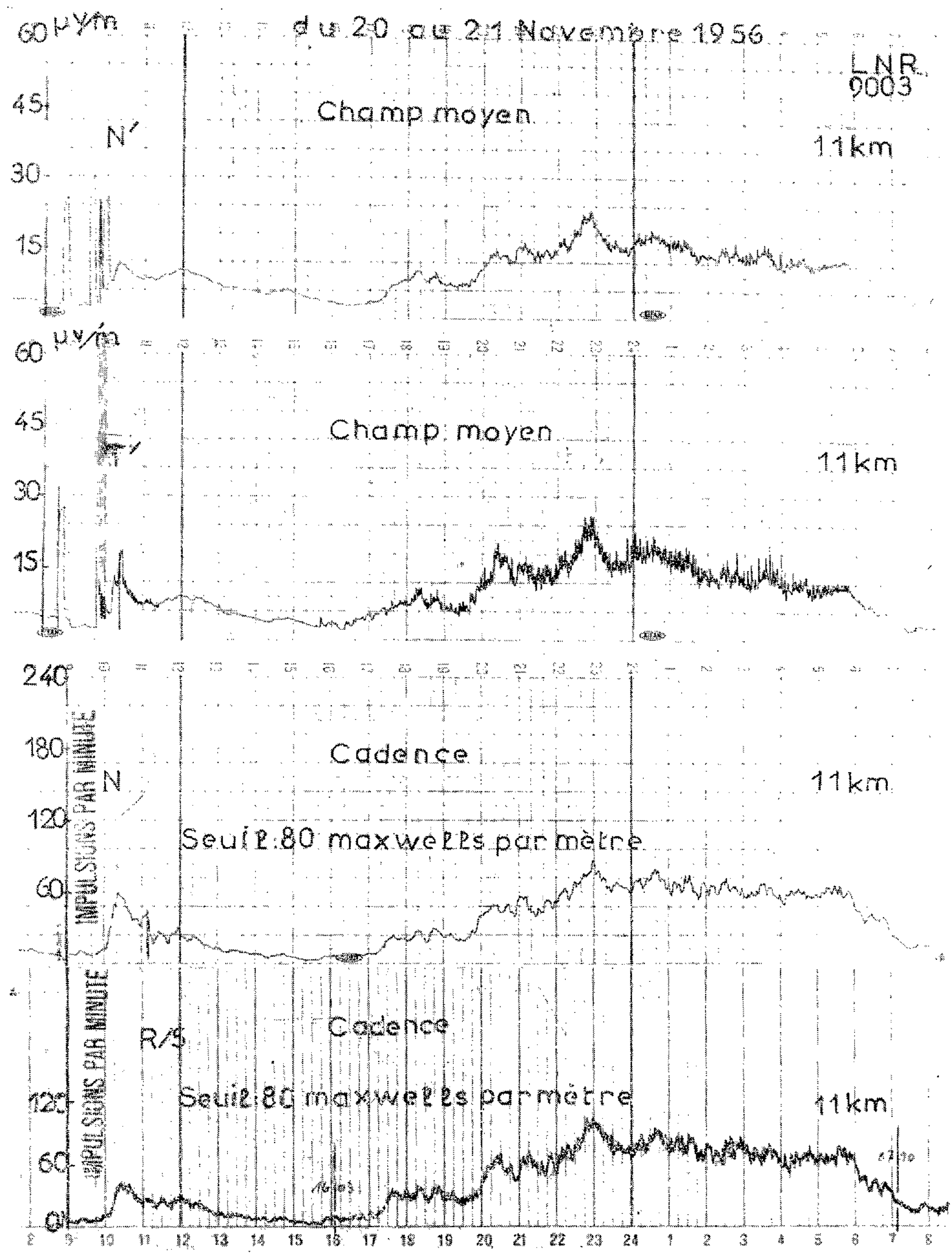
$$\Phi = \frac{r}{R}\tau U,$$

$$\frac{r}{R} = \frac{1}{30}, \qquad \tau = 2.10^{-6}\,\text{s}, \qquad U = 30\,\text{V},$$

$$\Phi = 200\,\text{Mx}.$$

Le champ moyen correspondant à $n = 50$ impulsions Φ par seconde et à un aérien de hauteur effective $h = 3$ m est ([3])

$$F_{moy} = \frac{n\Phi}{h} = 33\ \mu V/m.$$



On observe que les enregistrements de champ moyen N′ et T′, obtenus avec des récepteurs-enregistreurs réglés au même niveau avec le générateur d'impulsions, sont superposables.

On vérifie en outre que les enregistrements de cadence N et R/5 obtenus avec des appareils réglés au même seuil de fonctionnement, sont également superposables.

Les atmosphériques semblent donc avoir le même comportement que les impulsions brèves définissant, soit la sensibilité du récepteur-enregistreur pour les enregistrements de champ moyen, soit le seuil de fonctionnement du récepteur-enregistreur pour les enregistrements de cadence.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) *Enregistrement des atmosphériques. Paramètres caractéristiques et méthodes d'étalonnement* (Note préliminaire n° 170 du Laboratoire National de Radioélectricité).

(2) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1710 et 227, 1948, p. 51.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1648; 235, 1952, p. 423 et 652.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les virescences florales provoquées chez* Tropæolum majus *L. par l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique et l'existence de sporophylles chez les Angiospermes.* Note (*) de Mlle **Germaine Debraux** et M. **Pierre Gavaudan**, présentée par M. Robert Courrier.

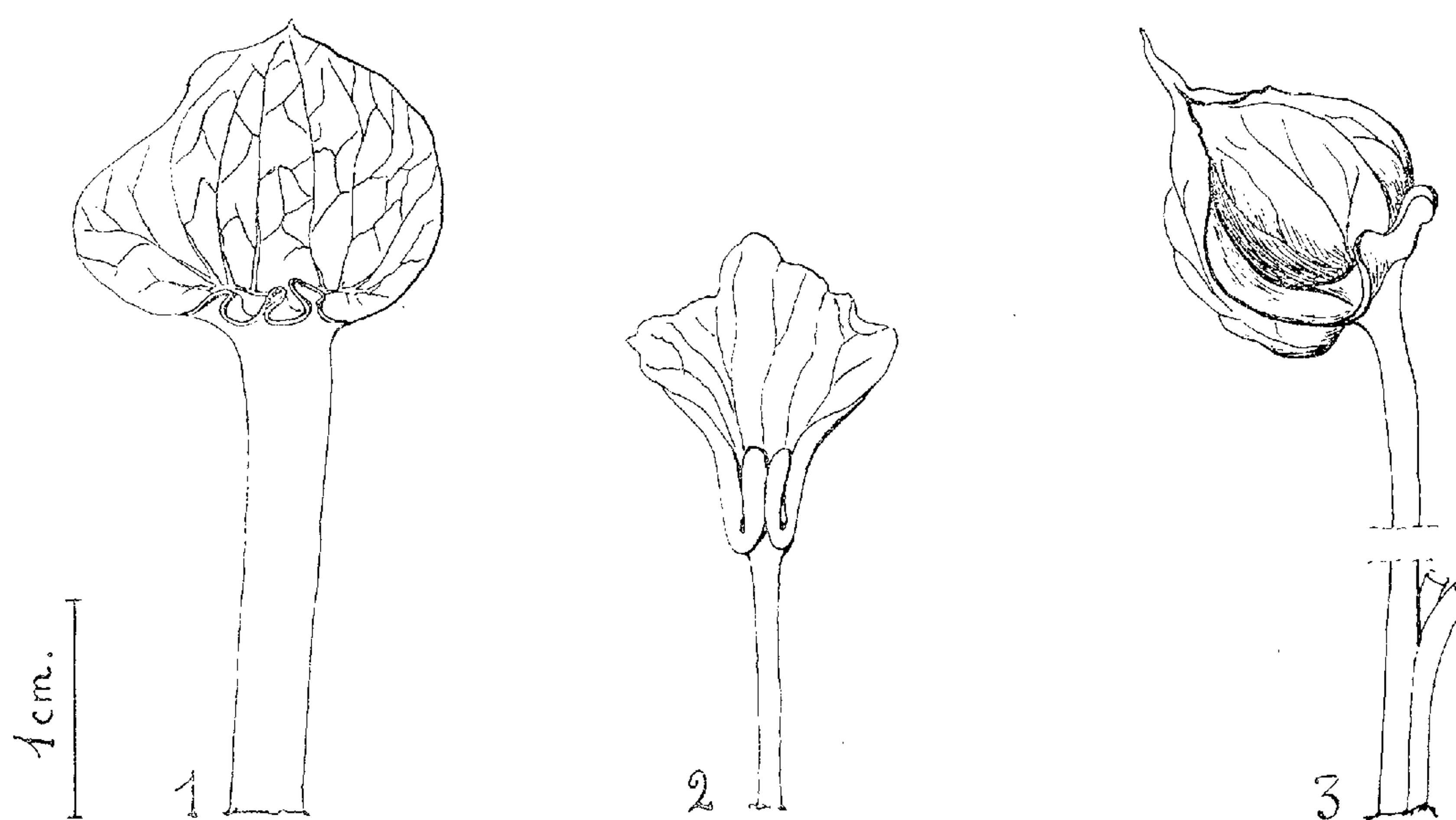
Les pièces florales tératologiques induites expérimentalement par l'acide 2-4 dichlorophénoxyacétique chez la Capucine prouvent sans ambiguïté leur nature foliaire.

Des virescences spontanées ont été décrites à plusieurs reprises chez *Tropæolum majus* L. (1), (2) et nous avons eu nous-mêmes l'occasion d'en observer plusieurs années de suite. La comparaison de toutes les formes tératologiques décrites indique que la morphologie des pièces anormales et les processus de virescence sont remarquablement constants.

La pulvérisation répétée de plants de Capucine par des solutions d'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique nous a permis d'obtenir à volonté des anomalies qui présentent certaines analogies avec les virescences spontanées. Il faut cependant faire observer que le spectre des anomalies que nous avons réussi à provoquer jusqu'à présent semble moins étendu que celui des virescences spontanées. Les diverses anomalies peuvent se classer en types plus ou moins purs rangés selon l'échelle de sévérité suivante : 1° disparition de l'éperon et perte de la zygomorphie ; 2° transformation des sépales en feuilles pétiolées à limbe homologue de celui des carpelles virescents et porteurs d'un bourrelet diplophylle; 3° transformation des pétales en feuilles peltées; 4° surélévation progressive des carpelles sur un gynophore qui est une continuation de l'axe; 5° ouverture et stérilisation

complète des carpelles avec transformation en feuilles scyphiées à bourrelet diplophylle, puis en feuilles peltées longuement pétiolées; 6° transformation éventuelle et plus rare des étamines en staminodes de grande taille, peltés ou diplophylles; 7° présence d'une surfleur incomplète, réduite à deux ou trois carpelles ouverts et renfermant un bourgeon végétatif; 8° transformation complète de la fleur en pousse feuillée à phyllotaxie florale, puis en pousse à phyllotaxie végétative.

Nous dégageons maintenant quelques points essentiels relatifs à ces observations en les confrontant avec les propositions d'une théorie florale moderne opposée à celle de la métamorphose ([3]).



1. Sépale pédonculé et pelté montrant le bourrelet diplophylle.
2. Staminode montrant la présence de sacs polliniques dans la partie diplophylle.
3. Carpelle longuement pédonculé montrant le limbe scyphié à bourrelet diplophylle et le gynophore.

A. L'homologie des sépales et des carpelles, qui sont des feuilles scyphiées, interdit une coupure artificielle entre le calice et le reste de la fleur.

B. Les étamines sont homologues de feuilles peltées ou diplophylles dont les marges constituent les sacs polliniques.

C. Les carpelles sont homologues de feuilles peltées et scyphiées demeurant sessiles dans le gynécée normal; les stigmates sont les apex foliaires.

D. L'existence de fleurs transformées en bouquets de feuilles à phyllotaxie de type floral montre que la phyllotaxie ne saurait être invoquée pour fournir à elle seule une définition de la pièce foliaire ou florale.

En résumé, ces constatations diffèrent des conceptions de L. Plantefol pour lequel le changement de phyllotaxie après le calice et la substitution méristématique interdisent d'homologuer les pièces florales à des feuilles.

Les anciennes théories de Celakowski sur la nature de l'étamine et du carpelle, assimilant respectivement l'une à une feuille diplophylle, l'autre à une feuille scyphiée, ont trouvé des confirmations récentes dans les travaux de H. Baum (4) qui s'est attachée à suivre, chez de nombreuses plantes, la transformation spontanée de l'étamine en feuille diplophylle. Nos résultats expérimentaux sur la Capucine présentent un intérêt particulier parce qu'il s'agit précisément d'une plante à feuilles constamment peltées et qu'on retrouve, dans l'appareil reproducteur, ce caractère témoin de la nature foliaire. Nous pensons qu'il est ainsi prouvé qu'il existe de véritables sporophylles chez les Angiospermes puisque l'expérience permet de transformer les carpelles et les étamines en feuilles, avec tous les intermédiaires montrant l'évolution parallèle ou identique des détails morphologiques foliaires dans les deux sexes.

(*) Séance du 26 novembre 1956.
(1) J. Ziegler, *Zenckenberg. naturforsch. Gesell.*, 1881, p. 81 et 128-129.
(2) S. B. Kausik, *The New Phytologist*, 37, 1938, p. 396-408.
(3) L. Plantefol, *Ann. Sc. naturelles*, *Bot.*, 9, 1948 (2), p. 36-186.
(4) *Osterr. Bot. Zeitschr.*, 99, 1952, p. 228-243.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations saisonnières du chondriome dans le cambium de* Robinia pseudoacacia. Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

Les variations saisonnières d'hydratation des tissus vivants des branches de *Robinia* se reflètent sur la morphologie du chondriome. On retrouve les processus d'association et de dispersion de particules élémentaires dont les chondriosomes paraissent fondamentalement constitués.

L'activité des cellules vivantes des branches d'arbres est dominée et rythmée par la succession des saisons. Les caractères les plus généraux de ces variations se dégagent aisément des recherches de divers botanistes, tant physiologistes qu'anatomistes.

En gros, les tissus vivants des branches accumulent pendant l'été et l'automne, avant la chute des feuilles le cas échéant, des produits d'élaboration, réserves qui serviront, après l'arrêt de fonctionnement hivernal, à la reprise de l'activité prolifératrice au printemps.

Cette accumulation va de pair avec un appauvrissement en eau, progressif mais accusé à l'automne, qui permet à ces organes de résister aux conditions de la mauvaise saison.

Au printemps, la reprise d'activité et l'utilisation des réserves coïncident sensiblement avec une forte absorption radiculaire, d'où résulte une importante hydratation des tissus. Le fonctionnement du feuillage nouveau

reproduira bientôt les substances élaborées qui circuleront, et seront partiellement mises en réserve, dans les tissus vivants des rameaux.

Ces variations périodiques de l'hydratation des cellules nous ont engagé à examiner le comportement saisonnier du chondriome. Nous considérerons seulement ici le cambium et nous envisagerons ultérieurement les tissus qui en dérivent.

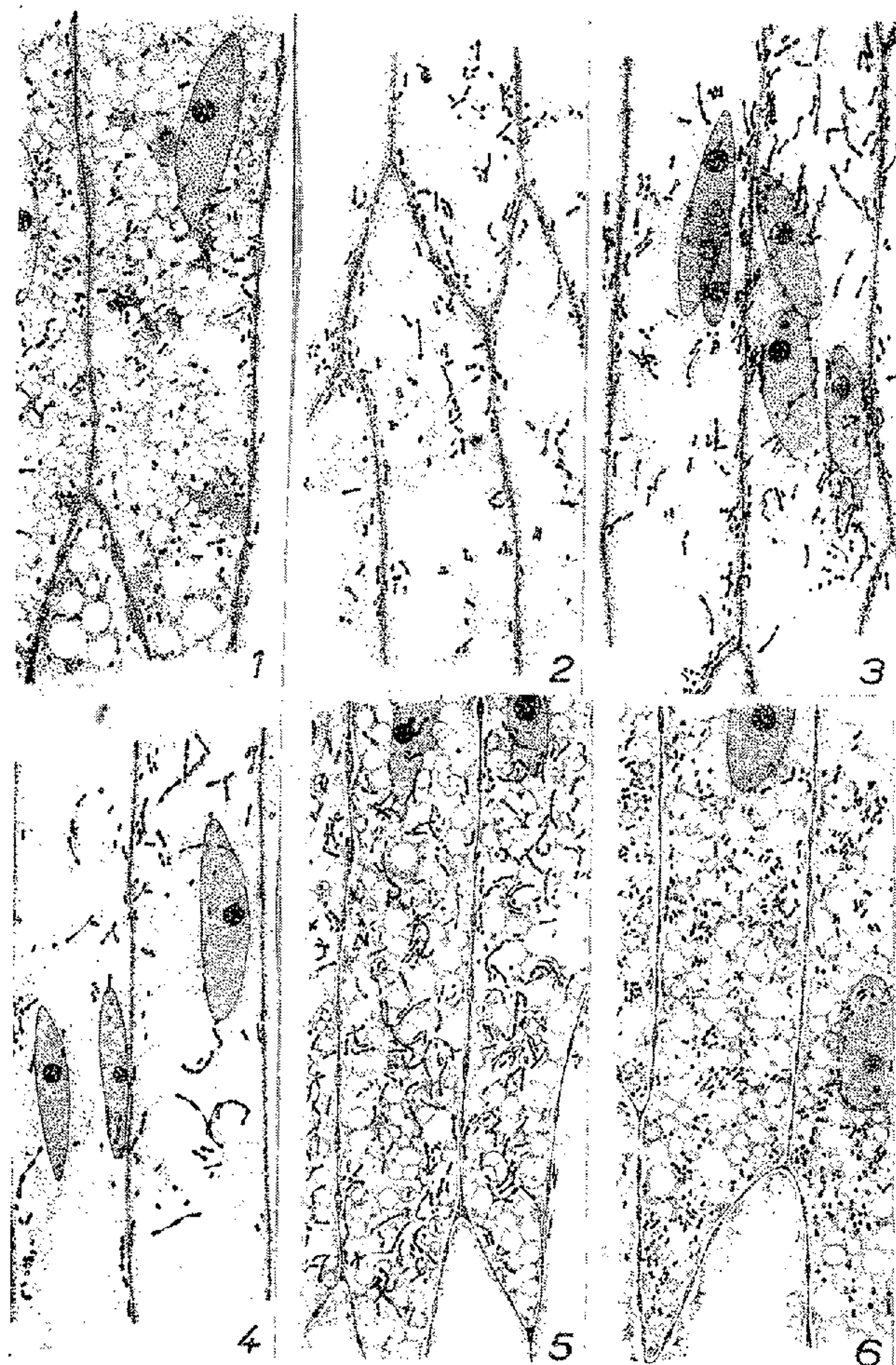


Fig. 1 à 6. — Fragments de cellules cambiales de branches de *Robinia pseudoacacia*, vues en sections tangentielles.
Regaud-Hématoxyline. Coupes effectuées par congélation.

Fig. 1. — 12 avril 1956. Remarquer les ponctuations membranaires et les nombreuses petites vacuoles.
Fig. 2. — 23 mai 1956. Les membranes amincies à cette époque ne sont pas nettement mises en évidence par la technique utilisée. Les espaces clairs *ne sont pas non plus les vacuoles réelles.*
Fig. 3. — 23 mai 1956. Dérivées immédiates de l'assise cambiale. Mêmes remarques que pour la figure 2.
Fig. 4. — 25 juin 1954. Mêmes remarques que pour la figure 2.
Fig. 5. — 18 septembre 1956. Dérivées immédiates de l'assise cambiale; condensation cytoplasmique et pulvérisation des vacuoles; épaississements des membranes radiales.
Fig. 6. — 4 octobre 1954. Accentuation finale des processus précédents.

En avril (*fig.* 1) la zone cambiale montre plusieurs assises de cellules où le cytoplasme est dense et spumeux, car il renferme une multitude de petites vacuoles, à tendance sphérique, mais souvent pressées les unes contre les autres. Ces vacuoles ne renferment pas de substances colorables par les techniques cytologiques habituelles. Entre elles les travées cytoplasmiques montrent de nombreux chondriosomes *très courts*, la plupart étant apparemment constitués de deux mitochondries sphériques associées.

En mai (*fig.* 2 et 3) le cambium, devenu beaucoup plus fragile, est fait de cellules claires, à grandes vacuoles, probablement très polymorphes, comme l'a montré I. W. Bailey [1]. Les chondriosomes y sont plus longs et flexueux. On arrive encore à retrouver une assise cambiale, apparemment unique, où les chondriosomes montrent seulement des processus d'étirement, mais restent pour la plupart constitués de deux éléments (*fig.* 2). Par contre, dès les assises immédiatement plus externes, alors que la forme des cellules est encore identique (*fig.* 3), on trouve de plus longs chondriocontes où, à l'étirement, s'ajoute un processus d'*associations linéaires* que nous avons plusieurs fois signalé, dans d'autres cellules soumises à l'action de l'eau. De nombreux chondriocontes sont alors constitués de quatre éléments ou davantage.

Les mêmes aspects se retrouvent en *juin*, parfois plus accentués encore (*fig.* 4).

Le cambium de *juillet* montre une tendance au raccourcissement des chondriosomes, mais cette tendance s'accuse en *septembre* où elle s'allie à un début de résolution des vacuoles en un grand nombre d'enclaves sphériques. Le chondriome est alors composé de chondriocontes granuleux à étranglements très marqués et d'une multitude de mitochondries ou de courts bâtonnets constitués de deux granules. Mais ceci n'est vrai que dans une seule ou deux assises. Immédiatement à l'extérieur (*fig.* 5), les chondriocontes fortement étranglés dominent, dans le cytoplasme déjà spumeux, et les cellules ont un aspect transitoire très particulier.

La déshydratation se poursuit, et, en *octobre*, les cellules cambiales ont sensiblement le même aspect qu'en avril (*fig.* 6). Le cytoplasme est bourré de milliers de petites vacuoles, entre lesquelles se voient de très nombreux chondriosomes presque tous courts, faits en majorité de deux granules sphériques associés.

Cet état cytologique n'évoluera plus guère avant le prochain printemps. Le cambium de *novembre* montre seulement un accroissement significatif de la densité du cytoplasme.

Au cours de ces diverses saisons, on n'observe pratiquement pas de différenciation de plastes dans les « initiales fusiformes » ou « initiales longues » du cambium, à part quelques très petits amyloplastes qui peuvent apparaître en fin de saison. Il n'en est pas de même dans les

« initiales courtes », d'où nait le parenchyme dit « horizontal » (rayons du phloème et du xylème). Ces initiales, par ailleurs cytologiquement semblables aux initiales fusiformes, renferment quelques gros amyloplastes, même au début de la belle saison.

Les variations saisonnières de l'hydratation et du fonctionnement du cambium se reflètent donc de manière très nette et caractéristique dans la morphologie du chondriome. Ces cellules sont pourtant beaucoup moins réactives, cytologiquement, que celles du phloème, que nous examinerons dans une prochaine publication.

Le cas étudié apporte de nouvelles observations relatives à la constitution morphologique du chondriome. Les chondriosomes paraissent constitués fondamentalement d'unités élémentaires, typiquement granuleuses, susceptibles de s'associer ou de se disperser selon les états physiologiques successifs d'une même cellule.

(1) *Zeits. f. Zellforsch und Mikr. Anat.*, 10, 1930, p. 651-682.

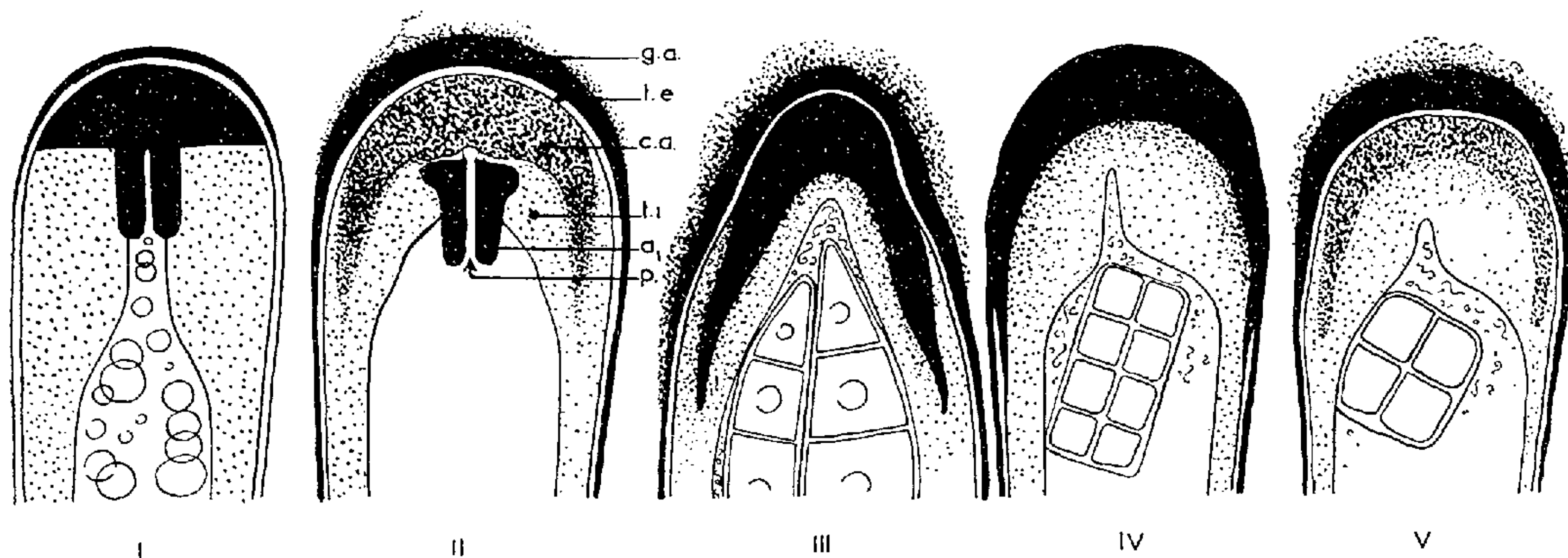
LICHÉNOLOGIE. — *Appareils apicaux des asques et taxinomie des* Collema. Note (*) de M. **Raymond Dughi**, présentée par M. Roger Heim.

En 1853, Trévisan sut dégager de la masse des *Collema* Ach. les genres *Blennothallia* et *Synechoblastus*, tous deux à gonidies-*Nostoc*, à thalle endogène nu (sans cortex monostrate), à conidiophores endobasidiés, à apothécies orbiculaires lécanorines, mais distincts par leurs spores incolores, les unes ellipsoïdes-oblongues et murales, les autres fusiformes-aciculaires ou simplement allongées et septées transversalement. Depuis lors, abstraction faite de l'erreur d'éloigner les *Collemodium* Nyl. des *Blennothallia*, les lichénologues se partagent en deux groupes selon que, sous le nom de *Collema*, ils comprennent les seuls *Blennothallia* ou l'ensemble des *Blennothallia* et des *Synechoblastus*. Au surplus on note une divergence importante dans le deuxième groupe : alors, en effet, que Vainio, suivi par Harmand et par Zahlbruckner, reprend les genres de Trévisan à titre de sections, en isolant des *Synechoblastus* la section des *Collemodiopsis* (assez mal caractérisée par un paraplectenchyme au bord de l'excipule thallin), Degelius (1), au contraire, abandonne les sections de Vainio et y substitue, pour les *Collema* européens, douze «groupes » établis avec des caractères divers.

Or les spores ont ici une valeur phylogénétique certaine grâce à leur figure et à leur septation, car elles ont échappé aux phénomènes de convergence et elles représentent d'après Chadefaud des embryons algoïdes ataviques, si bien qu'il y avait lieu d'examiner si les coupures qu'elles fondent sont

ou non corroborées par l'étude des appareils apicaux, dans lesquels nous voyons des indicateurs de l'ancienneté des lignées dans la reviviscence [2].

Les différenciations amyloïdes de l'appareil apical des *Collema* comprennent au plus un anneau a_1 de Chadefaud et une cloche amyloïde (*fig.* 1 et 2), quoique parfois, à la suite d'accidents de développement, il puisse exister deux anneaux superposés et même plus d'une cloche amyloïde. La cloche amyloïde n'est pas assimilable à l'anneau a_2 défini par Chadefaud chez les Héliotales : elle naît et se développe déjà avant que n'apparaisse la ponctuation. Il faut aussi remarquer que l'anneau a_1, engendré au cours d'une série de périodes d'hydrobiose, est souvent strié dans le sens horizontal, et que, contrairement à la figure 1, un intervalle le sépare toujours de la cloche amyloïde, ce qu'on met en évidence par un emploi ménagé de l'iode ou, mieux, par traitement préalable à la potasse.



Appareils apicaux des asques après coloration par l'iode : 1. *Collema* selon Magne; 2. *Blennothallia* p. m. p. et *Leptogium*; 3. *Synechoblastus flaccidus*; 4. *Collema quadratum* Lahm.; 5. *C. quadratum*, après action ménagée de la potasse. Les intensités de bleuissement sont marquées en noir et en pointillé (g. a., gelée amyloïde; t. e., tunique externe; t. i., tunique interne; c. a., cloche amyloïde; a_1, anneau a_1; p., ponctuation).

Le type d'appareil apical des figures 1 et 2 est le plus répandu chez les *Collema*, mais il n'est pas le seul en dépit de certaines assertions.

Le *C. quadratum* Lahm., le *C. verruciforme* Nyl. (= *multipunctatum* Degel.) sont totalement dépourvus d'anneau a_1 et ne montrent qu'une cloche amyloïde. Ce sont les *Rostania* Trev. (1880), bien définis par leurs spores d'abord divisées en croix puis murales et parallélépipédiques, dotées par erreur d'un thalle *totus e meris cellulis* (d'où confusion avec les *Homodium*), et qui méritent d'être considérés, après rectification de leur diagnose (*thallus gonidiis nostocaceis, endogenus, nudus, cujus forma varia*), comme un genre valable, sous le nom, par exemple, de *Chiastosporum*.

La plupart des *Synechoblastus*, notamment ceux qu'Harmand rangeait dans les *Collemodiopsis* : *C. flaccidum*, *C. nigrescens*, *C. Laureri*, *S. rysso-*

leum et les espèces exotiques affines n'offrent également qu'une cloche amyloïde (fig. 3), et il en est de même des *Leptogiopsis* Müll. Arg., c'est-à-dire des *Leptogium* à spores de *Synechoblastus*.

En revanche, certains des *Synechoblastus* des auteurs, tels que *C. polycarpon*, *C. conglomeratum*, *C. multipartitum*, dont le thalle est épais, ne diffèrent pas de l'ensemble des *Blennothallia* par leur appareil apical à anneau a_1 et cloche amyloïde, et ce même appareil apical des *Blennothallia* se retrouve chez tous les *Leptogium* des sections *Euleptogium*, *Mallotium* et *Homodium*.

Le *C. aggregatum* Nyl. n'a ni anneau a_1 ni cloche amyloïde, toute sa tunique interne au niveau de l'appareil apical étant fortement colorable en bleu par l'iode. Sa gelée amyloïde externe, très cohérente, forme un halo énorme autour de l'asque, et sa ponctuation est peut-être munie d'une nasse.

En conclusion, il apparaît qu'une taxinomie hiérarchisée des *Collema* et de leurs proches parents les *Leptogium* devra tenir compte, parmi les caractères purement fongiques dominants de ces champignons lichéniques ([3]), à la fois des spores et des appareils apicaux des asques : des coupures génériques devront être pratiquées entre les *Chiastosporum* et les *Blennothallia*, ainsi qu'entre ces derniers et les *Synechoblastus* sans anneau a_1, et il faudra également procéder à des rapprochements, d'une part entre les *Blennothallia* à *excipulum proprium* paraplectenchymateux et les *Leptogium*, d'autre part entre les *Synechoblastus* sans anneau a_1 et les *Leptogiopsis* Müll. Arg., car le cortex monostrate des *Leptogium*, qui est dû à la ramification, à la division et à la coalescence de quelques hyphes hors de la masse gonidiale et à la surface de celle-ci, n'est qu'un caractère thallin subordonné, une timide adaptation du champignon lichénique à l'énantiohygrie.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

([1]) *Symbolæ botanicæ upsalienses*, 13, 1954, p. 2.

([2]) *Voir* R. Dughi, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 750.

([3]) *Voir* R. Dughi, *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 89, fasc. 1-2, 1954.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un cyclitol nouveau, le l-pinitol, isolé d'*Artemisia Dracunculus *L.* (*Composées*). Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant isolé le québrachitol de plusieurs *Artemisia* ([1]), j'ai pensé retrouver ce cyclitol dans l'*A. Dracunculus* (Estragon). Or, la liqueur acétonique provenant de l'épuisement des feuilles a laissé déposer des cristaux qui avaient l'aspect et le point de fusion du pinitol, mais un pouvoir rotatoire

lévogyre. Le présent travail a pour but de démontrer que cette substance est le *l*-pinitol, antipode optique du *d*-pinitol maintes fois isolé des végétaux.

Extraction. — Les feuilles sèches d'*A. Dracunculus* sont broyées et épuisées par l'acétone (Soxhlet). L'extrait acétonique repris par l'eau bouillante fournit une solution qui est soumise à la fermentation par la levure de boulanger puis déféquée au sous-acétate de plomb. L'excès de plomb étant éliminé par l'hydrogène sulfuré, le filtrat est concentré sous pression réduite à faible volume puis mélangé avec du sable fin. La masse séchée et broyée subit des épuisements répétés par l'acétone (Soxhlet), chacun d'eux étant précédé par une dessiccation et un nouveau broyage. L'extrait déposé dans les liqueurs acétoniques renferme des cristaux qui augmentent après repos en lieu frais. Un lavage à l'alcool à 95° tiède dissout l'extrait, libérant la substance brute cristallisée, déjà très propre. Le matériel d'étude ayant été prélevé en septembre-octobre, pour les mêmes pieds le rendement varie suivant les années : en 1952, 0,48 % sec; en 1953, 0,86; en 1954, 0,40. Les tiges vertes sont nettement plus pauvres (0,15).

Deux ou trois cristallisations dans l'alcool à 95° permettent d'obtenir le cyclitol à l'état pur. La principale impureté étant du nitrate de potassium, son élimination est suivie par la réaction au sulfate de diphénylamine.

Propriétés. — Le composé obtenu a été étudié comparativement avec le *d*-pinitol isolé par la même méthode des feuilles de *Cercis Siliquastrum* L. et des rameaux feuillés d'*Hedysarum multijugum* Maxim. (Légumineuses).

Les deux substances se présentent en prismes de même forme cristalline, anhydres, de mêmes solubilités dans les solvants usuels. Ils fondent à 186° et sont sublimables au-delà sans décomposition. Leurs pouvoirs rotatoires sont égaux mais de signes contraires : *d*-pinitol $[\alpha]_D + 65°$, *l*-pinitol $[\alpha]_D - 65°$ (en solution aqueuse à 2 %). L'analyse élémentaire et le dosage des méthoxyles leur attribuent la même formule $C_6H_{11}O_5—OCH_3$. L'oxydation nitrique conduit dans les deux cas aux réactions du rhodizonate de sodium, du nitroprussiate de sodium et de l'acétate de baryum, positives avec une égale intensité. La déméthylation par l'acide iodhydrique fournit le *d*-inositol avec le *d*-pinitol, le *l*-inositol avec le *l*-pinitol.

L'acétylation par l'anhydride acétique en présence de pyridine ou d'acétate de sodium ne permet pas d'obtenir un dérivé cristallisé; la technique au bromure d'acétyle (E. G. Griffin et J. M. Nelson, 1915) fournit des pentacétates cristallisés, antipodes optiques.

Les dérivés di-isopropylidène des deux pinitols ont été préparés par action de l'acétone suivant la technique d'A. B. Anderson, D. L. Macdonald et H. O. L. Fischer (1952) : leurs pouvoirs rotatoires sont égaux mais de signes contraires.

Enfin, la concordance absolue des spectres d'absorption dans l'infrarouge a confirmé l'identité de constitution des *d*- et *l*-pinitols ([2]).

Le mélange de quantités équimoléculaires de ces deux isomères actifs n'a pas permis d'obtenir le pinitol racémique : les cristaux formés en solution alcoolique sont de simples conglomérats de même solubilité que les substances de départ. Ils fondent sans netteté vers 160-165°. Ainsi, le mélange des pinitols fond avec une forte dépression; au contraire, le mélange des *d*- et *l*-inositols conserve le même point de fusion.

La théorie prévoit pour le *d*-inositol trois éthers monométhyliques énantiomorphes des trois éthers correspondants du *l*-inositol. Sur ces six composés, trois sont maintenant connus : les *d*- et *l*-pinitols (3-méthyl *d*-inositol, 3-méthyl *l*-inositol), le *l*-québrachitol (2-méthyl *l*-inositol) (constitution établie par S. J. Angyal et C. G. Macdonald, 1952). Il est remarquable de constater la répartition étendue du *d*-pinitol, isolé de près de 300 espèces appartenant à des familles très diverses (Conifères, Légumineuses, Caryophyllacées, etc.), tandis que le *l*-pinitol est seulement rencontré pour la première fois. Au cours des extractions du premier, on n'a jamais remarqué de point de fusion anormalement bas pouvant déceler la présence du second. Moins fréquent que le *d*-pinitol, le *l*-québrachitol caractérise également plusieurs familles (Sapindacées, Élæagnacées, etc.).

Dans l'état actuel de nos connaissances, les éthers méthyliques des *d*- et *l*-inositols appartiennent à des groupes systématiques différents : à part le cas spécial du *Viscum album* (Gui), on ne peut citer aucun exemple de coexistence du *d*-pinitol et du *l*-québrachitol, au sein de groupes homogènes par leurs caractères botaniques et considérés comme monophylétiques. La présence de *l*-pinitol dans un *Artemisia*, c'est-à-dire un genre à *l*-québrachitol, reste en accord avec cette règle de spécificité optique; elle constitue une simple anomalie dans la position du méthoxyle (en 3 au lieu de 2). Par analogie, on peut penser que le *d*-québrachitol sera rencontré tôt ou tard dans un groupe systématique à *d*-pinitol.

En vue de rechercher les cyclitols, un examen sommaire a été effectué sur les feuilles des 10 espèces suivantes rangées avec les *Artemisia* dans le groupe des *Anthemideæ* : *Lasiospermum radiatum* Trevir., *Santolina Chamæcyparissus* L., *Anthemis nobilis* L., *A. rigescens* Willd., *Achillea macrophylla* L., *A. Millefolium* L., *Matricaria glabra* Ball, *Tanacetum vulgare* L., *Chrysanthemum flosculosum* L., *C. segetum* L. Les résultats ont été partout négatifs : les éthers méthyliques du *l*-inositol seraient donc uniquement localisés dans le genre *Artemisia*.

En résumé, le *l*-pinitol $C_7H_{14}O_6$, antipode optique du *d*-pinitol a été isolé de l'*Artemisia Dracunculus* (Estragon). Son identification résulte d'une étude comparative des propriétés de ces deux énantiomorphes.

(1) V. Plouvier, *Ann. Pharm. Franç.*, 7, n° 3, 1949, p. 192.

(2) Le spectre d'absorption a été effectué par M. Henri Hespel.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Contrôle central des messages acoustiques afférents.* Note de MM. **Michel Jouvet** et **Jean-Édouard Desmedt**, transmise par M. Henri Hermann.

La stimulation de certains points de la partie latérale du tegmentum mésencéphalique antérieur, chez le Chat curarisé, produit une réduction d'amplitude de la réponse électrique du noyau cochléaire dorsal à un bref stimulus sonore. Ce mécanisme inhibiteur, contrôlant l'afférence au niveau du premier noyau de relais acoustique, pourrait jouer un rôle dans le déterminisme de l'attention sensorielle.

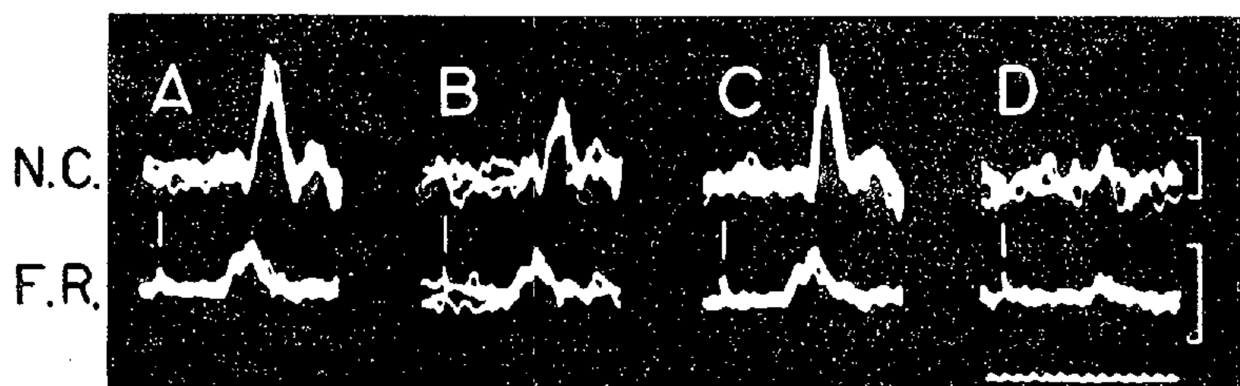
Des expériences récentes sur le Chat non anesthésié et porteur d'électrodes chroniquement implantées dans le premier relais de la voie acoustique centrale, le noyau cochléaire dorsal, ont mis en évidence des variations remarquables de l'amplitude du message afférent au cours des phénomènes d'attention et d' « habituation » [Hernandez-Peon, Scherrer et Jouvet ([1]); Galambos, Sheatz et Vernier ([2])]. Nous nous sommes proposé d'explorer en expérimentation aiguë les formations centrales responsables de ce contrôle récurrent.

Les expériences ont été faites sur 21 Chats adultes, immobilisés par un agent curarisant, le Flaxédil ou le Décaméthonium, et soumis à une anesthésie locale à la Novocaïne. L'animal est placé dans un appareil stéréotaxique permettant l'orientation des électrodes de réception et de stimulation. Les réponses sensorielles du nerf auditif (recueillies au niveau de la fenêtre ronde) et du noyau cochléaire dorsal à un bref stimulus sonore (« clic ») d'intensité faiblement supraliminaire sont étudiées au moyen d'un oscillographe cathodique à double faisceau. L'activité électrique spontanée du cortex cérébral est par ailleurs enregistrée sur un électroencéphalographe à quatre plumes. Le tronc cérébral est exploré systématiquement, point par point, à l'aide d'une électrode de stimulation du type concentrique bipolaire de fabrication Alvar (distance entre les pôles de stimulation, 0,2 mm; chocs de 1 ms, répétés à 100 par seconde pendant 1-4 s).

Dans ces conditions, la faradisation de points bien déterminés, dans la partie latérale du tegmentum mésencéphalique antérieur, entraîne une réduction sensible de la réponse du noyau cochléaire au clic, ainsi qu'il est illustré en B. L'effet débute en même temps que la stimulation, et il cesse avec elle (*voir* C). Le phénomène est stable pour autant qu'on interpose des périodes de repos suffisantes entre les faradisations successives. Plusieurs données expérimentales permettent de penser qu'il s'agit d'un processus d'inhibition vraie et non d'une « occlusion » de la réponse cochléaire au clic par stimulation antidromique de la voie acoustique centrale.

Les expériences étant faites sur l'animal curarisé, et même dans certains

cas après enlèvement des osselets de l'oreille moyenne, nos observations ne peuvent s'expliquer par une variation dans la transmission aérienne du stimulus sonore jusqu'à la fenêtre ovale. De plus, il se pourrait que l'effet inhibiteur ne s'exerce pas obligatoirement par la voie acoustique centrifuge reliant l'olive supérieure à la cochlée [Rasmussen (3), Fernandez (4),



Chat immobilisé par le Décaméthonium. Réponses électriques du noyau cochléaire dorsal (N. C.) et du nerf auditif au niveau de la fenêtre ronde (F. R.) à un clic qui est indiqué par une barre verticale. Plusieurs réponses sont superposées de façon à éliminer les fluctuations aléatoires. Étalonnages verticaux : 100 μV. Étalonnage horizontal : millisecondes. A, avant, B, pendant, et C, après la faradisation d'un point inhibiteur au niveau du mésencéphale latéral. D, « masquage » des réponses au clic par un stimulus montrant le caractère neural (et non microphonique) des réponses étudiées.

Galambos (5)]. Comme il apparaît en B, la réponse du nerf auditif (*voir* F. R.) n'est pas modifiée au moment où celle du noyau cochléaire est nettement réduite. Le phénomène d'inhibition paraît donc s'exercer au niveau du noyau cochléaire lui-même.

Il n'existe pas de relation simple entre ce contrôle récurrent de l'afférence acoustique et la réaction d'éveil du télencéphale produite par la faradisation de la formation réticulée méso-diencéphalique, et ce pour les deux raisons suivantes : La localisation des points inhibiteurs est beaucoup plus restreinte que celle des régions dont la stimulation provoque l'activation de l'écorce cérébrale. De plus, l'éveil physiologique produit par des excitations sensorielles n'entraîne pas de réduction des messages enregistrés dans les divers noyaux de relais de la voie acoustique, aussi bien chez le Chat « encéphale isolé » [Desmedt et La Grutta (6)] que chez le Chat en expérimentation chronique [Jouvet (7)]. On est ainsi conduit à admettre une dissociation entre les processus centraux de la réaction d'éveil, et ces mécanismes inhibiteurs de contrôle qui pourraient entrer en jeu au cours de l'attention sensorielle.

(1) *Science*, **123**, 1956, p. 331.
(2) *Science*, **123**, 1956, p. 376.
(3) *Journal of comparative Neurology*, **84**, 1946, p. 141.
(4) *Laryngoscope*, **61**, 1951, p. 1152.
(5) *Journal of Neurophysiology*, **19**, 1956, p. 424.
(6) *Journal of Physiology* (sous presse).
(7) *Journal de Psychologie*, **53**, 1956, p. 141.

EMBRYOLOGIE. — *Comportement en culture* in vitro *du blastoderme de Truite complet ou fragmenté.* Note de M[lle] **Laure Richard**, M. **Charles Devillers** et M[lle] **Juliette Colas**, présentée par M. Louis Fage.

La moitié dorsale du blastoderme de Truite, cultivée en milieu synthétique, se différencie et s'organise comme un germe complet, tandis que la moitié ventrale ne se différencie jamais. Il est possible que cette zone ne puisse élaborer, directement, à partir du vitellus, les substances nécessaires à la différenciation.

Détaché de son vitellus et cultivé en solution de White simplifiée, le blastoderme de *Salmo irideus* poursuit quelques jours son développement en formant les principales structures embryonnaires : moelle, chorde, somites, etc. [1].

La différenciation n'est possible : 1° que si le liquide contient du glucose (*cf.* les résultats de Spratt sur le poulet); en milieu purement minéral (liquide de Holtfreter) la différenciation ne se produit pas, dans le cas de *Salmo* [2]; 2° que si la mise en culture est effectuée au plus tôt au stade blastula jeune (stade critique); des explants moins âgés ne font que se segmenter sans se différencier.

Au-delà du stade critique le nombre des différenciations s'accroît et leur qualité s'améliore lorsque les germes sont prélevés à des stades de plus en plus avancés du développement [2]. De nouveaux essais effectués en partant de jeunes neurulas (stade F de Pasteels) permettent d'obtenir après 4 jours de culture l'apparition du tectum mésencéphalique; celle des placodes olfactives et de placodes céphaliques qui s'associent aux crêtes neurales dans l'édification des ganglions cérébraux; la formation du ganglion acoustique au niveau des vésicules otiques; la différenciation de poches viscérales (qui viennent au contact de l'ectoderme), des canaux de Wolff et de vaisseaux sanguins. Dans son ensemble le degré d'organisation des explants est exactement comparable à celui d'embryons témoins du même âge. L'organogénèse s'est donc poursuivie pendant toute la durée de la culture.

L'absence de la sphère vitelline (et du syncytium) a un double retentissement : 1° en l'absence de réserves, la croissance est presque nulle; 2° faute d'un support solide, la mise en place des ébauches est altérée, ce qui entraîne une topographie embryonnaire générale, anormale.

D'autres essais ont eu pour but d'éprouver les capacités de différenciation des divers secteurs du blastoderme. Un trait de section perpendiculaire au plan de symétrie bilatérale permet de séparer une moitié dorsale (embryonnaire) et une moitié ventrale (dite extra-embryonnaire). En culture le comportement des moitiés dorsales est le même que celui

de blastodermes entiers; les « embryons » sont simplement plus petits puisqu'il n'y a pas de croissance compensatrice.

L'étude de 57 explants ventraux, prélevés du stade jeune blastula au stade jeune neurula montre, qu'en culture, cette zone ne se différencie jamais et, de plus, semble dégénérer plus vite que la portion dorsale.

L'aspect extérieur des explants ventraux n'est guère différente de celui des explants dorsaux. Comme ces derniers, ils s'étirent et forment des replis superficiels témoignant de l'entrée en activité épibolique de la couche enveloppante ([3]). La masse des blastomères profonds est souvent creusée d'un blastocèle. Par places se distinguent des groupements cellulaires sans organisation définie qui représentent, probablement, des manifestations très frustes de la morphogénèse, réduite à des modifications dans les affinités superficielles des cellules.

D'après le plan d'ébauches de *Salmo* ([4]) la moitié ventrale contient, au stade gastrula, les pointes du croissant chordal, une partie du matériel somitique et la presque totalité des lames latérales. Sous certaines conditions cette portion du germe peut, dès le stade blastula, manifester d'importantes capacités de régulation. C'est ce qui se produit lorsqu'elle est greffée dans le coelome vitellin ([5]) ou laissée seule sur la sphère vitelline après suppression de la moitié dorsale ([6]). Dans l'un et l'autre cas elle reçoit certainement un apport de « substances » qui lui permet de se différencier. En culture *in vitro*, au contraire, elle se comporte comme un « *Bauchstück* » (Spemann).

Mais contrairement à ce qui se produit chez les Amphibiens, un tel comportement se prolonge jusqu'aux stades gastrula et neurula. Les causes de cette inhibition de la différenciation ne sont pas encore clairement élucidées. Le milieu employé, s'il ne correspond pas aux conditions naturelles, permet pourtant la pleine différenciation de la zone dorsale. L'absence de mouvements morphogénétiques ne peut être mise en cause puisque les ébauches peuvent se différencier sans parvenir à leur emplacement normal ([3]), ([5]). L'action d'un centre organisateur, localisé dans la lèvre dorsale qui étendrait progressivement son emprise en direction ventrale ([5]) ne peut être décisive puisque cette zone manque dans les expériences ([6]). Il reste alors à considérer, comme hypothèse de travail, une différence dans les métabolismes des portions dorsale et ventrale du germe; la zone ventrale ne pourrait édifier elle-même certaines des substances de réserves utilisées au cours de la différenciation; dans le développement normal elles lui seraient fournies par la zone dorsale du blastoderme ou du syncytium vitellin.

([1]) CH. DEVILLERS, *Natuurwet. Tijdsch.*, 1949, p. 65-73.

([2]) CH. DEVILLERS, *Experientia*, 3, 1947, p. 71-74.

(3) CH. DEVILLERS, J. COLAS et L. RICHARD, *J. embryol. exp. Morph.* (sous presse).

(4) J. PASTEELS, *Arch. Biol.*, 47, 1936, p. 205-308.

(5) W. LUTHER, *Roux' Arch. f. Entw. Organ.*, 135, 1936, p. 359-383.

(6) CH. DEVILLERS, *C. R. Ass. Anatomistes*, Nancy, 1951, p. 1-7.

BIOLOGIE. — *Sur un principe de la gelée royale d'abeilles, actif sur la glycémie des Mammifères.* Note de M. **RÉMY CHAUVIN**, présentée par M. Robert Courrier.

Il a été montré dans un travail précédent [R. Chauvin et S. Hébert (1)] que les injections de gelée royale d'abeilles provoquaient chez le Rat et la Souris d'importantes modifications des phosphatases de la cortico-surrénale et du glycogène hépatique. Ceci donnait à penser que la glycémie pouvait être affectée; et il en est bien ainsi. Je n'étudierai dans cette Note que les perturbations à courte échéance, survenant 1 h après l'injection, en négligeant ce qui peut se produire à long terme. Cinq cent trente souris de 25 à 30 g et du sexe mâle ont été utilisées; le sang a été prélevé par section de l'extrémité de la queue, après séjour de l'animal entier à 35° pendant un quart d'heure; le sang est reçu dans un verre de montre avec un peu d'anticoagulant et le dosage pratiqué suivant la microméthode de Hagedorn-Jensen.

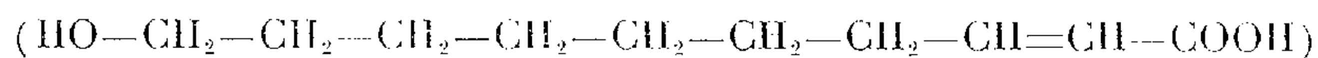
Efficacité des injections et âge des solutions. — Les solutions fraîches de gelée royale sont à peu près inefficaces ou même légèrement hypoglycémiantes. Au bout d'un certain vieillissement, qui s'effectue le mieux à la glacière vers 0°, elles deviennent nettement et fortement *hyperglycémiantes.* L'activité apparaît brusquement du 5e au 8e jour après la mise en solution, parvient rapidement à son maximum (et déclenche alors une hyperglycémie qui peut atteindre 100 % par rapport aux témoins), garde son activité une huitaine, puis redevient rapidement inactive. L'activité peut se conserver beaucoup plus longtemps, cela dépend des gelées et peut-être de la quantité de levures qu'elles contiennent [R. Chauvin et J. Louveaux (2)]. Le vieillissement de la solution correspond d'ailleurs à des modifications de sa conductibilité électrique et de son pouvoir antibiotique, qui seront étudiés ultérieurement par mes collaborateurs Goillot et Lavie.

Effet sur la Souris. — Une solution convenablement vieillie est injectée aux souris à raison de 6 mg de gelée brute et sèche par sujet; après 1 h, on pratique la prise de sang; l'hyperglycémie atteint 30 — 100 % en plus du témoin; il est préférable évidemment d'opérer sur souris à jeun depuis 24 h.

La dose de 6 mg est très au-dessus du seuil et la gelée agit encore à des concentrations bien inférieures. On peut annuler et au-delà, par l'injection de 6 mg de gelée, l'hypoglycémie provoquée chez la Souris par injection de cinq unités d'insuline.

Essais de fractionnement du principe actif. — Le principe hyperglycémiant passe dans l'acétone, lorsqu'on laisse macérer la gelée à la glacière avec dix fois son volume de ce solvant. La phase hydroacétonique ainsi obtenue est sujette elle aussi auvieillissement, qui se produit dans les mêmes délais qu'avec la suspension aqueuse de gelée. La solution acétonique est filtrée; le résidu insoluble composé essentiellement de protéines est inactif sur la glycémie. Après évaporation de la liqueur à basse température, l'extrait sec est repris par l'acétone anhydre, qui est concentrée à nouveau à sec, et l'extrait repris par l'éther, qui entraîne une huile peu active. Il reste une poudre blanche, soluble dans l'acétone et non dans l'éther, capable, en suspension dans le sérum, de déclencher l'hyperglycémie chez la Souris.

Il est encore trop tôt évidemment pour préjuger de la nature du dérivé actif, et la fraction ainsi séparée est encore fort impure. Toutefois on peut noter que l'acide 10-oxy-Δ-2-décénoïque



$$(HO-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH=CH-COOH)$$

dont la formule a été établie par A. Butenandt et H. Remboldt ([3]) et qui forme avec des dérivés voisins, la plus grande partie de l'extrait lipidique de la gelée (suivant G. F. Townsend et C. C. Lucas ([4]), ne paraît pas se confondre avec le corps qui nous intéresse. En effet, l'action antibiotique de ces acides, signalée par C. S. Mac Cleskey et R. M. Melampy ([5]), J. Vergé ([6]) et Hinglais ([7]), ne se développe aussi qu'après un vieillissement de la solution. Mais, après extraction par l'acétone, évaporation de la liqueur d'extraction, reprise par l'éther, lavage de l'éther par l'acétone pure, toutes les fractions acides restent dans l'éther; le résidu blanchâtre, non acide, qui reste après la reprise par l'éther de l'extrait primitif est seul fortement hyperglycémiant, et la fraction des acides l'est nettement moins, ou pas du tout.

Nous sommes en train de rechercher si ces corps peuvent déclencher les effets cliniques intéressants obtenus après des injections de gelée royale (H. Destrem ([8]), C. Sarrouy, A. Raffy, M. Leuteneger ([9]).

(1) *C. R. S. Biol.*, 110, 1956, p. 332.
(2) *L'Apiculteur* (Sect. Scient.), 1956.
(3) *Hoppe Seyler's Z.* (en cours de publication).
(4) *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 1155-1162.
(5) *J. Econ. Entom.*, 32, 1939, p. 581-587.
(6) *L'Apiculteur* (Sect. Scient.), 1951.
(7) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 2482.
(8) *Rev. Fr. Gérontol.*, 1956.
(9) *Pédiatrie*, 4, 1956.

GÉNÉTIQUE. — *Sensibilité héréditaire à l'anhydride carbonique chez la Drosophile. Étude d'une mutation du virus σ modifiant son spectre d'activité.* Note (*) de M[me] **Annie Ohanessian-Guillemain**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Origine et description de variants capables de se multiplier dans les Drosophiles réfractaires de la souche « Paris ».

J'ai signalé ici même l'existence de souches de Drosophiles dites « réfractaires » dont le génotype ne permet qu'une multiplication très réduite du virus ([1]). Lorsqu'on inocule une suspension de virus à des mouches réfractaires, celles-ci ne deviennent généralement pas sensibles au CO_2. Quelques-unes d'entre elles cependant, peuvent au bout d'un temps très long, présenter les symptômes de la sensibilité, mais on s'aperçoit, en les broyant, qu'elles ne contiennent qu'une quantité très faible de virus extractible. Ce virus n'est d'ailleurs pas transformé génétiquement, car une seconde inoculation montre qu'il ne se multiplie pas mieux que la suspension initiale dans ces mêmes mouches.

Le caractère réfractaire des Drosophiles est sous la dépendance d'un gène majeur présent sur le second chromosome. Je dispose actuellement de plusieurs souches réfractaires d'origines géographiques différentes : Paris, Challuz et Nagasaki.

Je me suis proposé de rechercher systématiquement s'il était possible d'isoler des variants du virus capables de se multiplier dans les mouches de génotype réfractaire. J'ai choisi la souche « Paris » pour réaliser cette expérience.

Protocole expérimental et résultats. — Une suspension virulente aussi riche que possible est inoculée à un lot de mouches réfractaires « Paris » et à un témoin non réfractaire. Un certain temps après l'inoculation, les mouches des deux lots sont soumises au test quotidien au CO_2. Le temps d'incubation moyen après lequel les mouches témoins deviennent sensibles, permet de calculer la richesse de l'extrait inoculé ([2]). Lorsqu'il apparaît des sensibles dans l'autre lot, celles-ci sont broyées individuellement. Leur extrait est ensuite inoculé à des Drosophiles réfractaires, afin de mettre en évidence la présence éventuelle d'un variant.

Cette expérience a été répétée neuf fois. Dans sept cas, une même lignée pure sensible isolée initialement à partir d'une unique femelle stabilisée a été utilisée comme source de virus. Les deux autres injections ont été réalisées avec une souche virale d'une autre origine.

Dans trois cas appartenant tous au premier groupe, j'ai observé dans le lot « Paris » des nombres variables de mouches devenant sensibles.

Elles contenaient toutes une nouvelle forme de virus capable de se multiplier dans cette souche. Dans les six autres répétitions, il n'y a eu aucune multiplication du virus dans les mouches « Paris ».

J'ai adopté le symbole $Paris^+$ pour désigner le facteur génétique qui confert sa propriété à ce nouveau variant, et j'appelle $Paris^-$ l'allèle porté par les souches de virus incapable de pousser dans les mouches réfractaires.

Origine de cette variation. — D'une manière générale deux hypothèses s'affrontent pour expliquer l'origine des variations chez les microorganismes. Selon les conceptions de la Génétique classique, le milieu (dans ce cas particulier les mouches réfractaires) ne ferait que sélectionner des individus mutants préexistant dans la population, la mutation s'étant produite par hasard et sans rapport avec l'influence du milieu. Selon la deuxième interprétation, la variation aurait lieu par adaptation progressive au milieu.

Comme l'ont montré notamment S. E. Luria et M. Delbrück [3], l'étude de la répartition des cas positifs au cours des essais successifs peut permettre un choix entre les deux hypothèses. Dans la première, on doit s'attendre à trouver, d'une répétition à l'autre, des nombres très variables de particules mutantes. Dans la seconde, la suspension virulente ne renferme que des particules normales, mais certaines se modifient au contact du génotype réfractaire. Chacune des mouches inoculées doit alors disposer de la même probabilité de devenir sensible, et les cas positifs au cours des diverses répétitions doivent être distribués suivant la loi de Poisson.

Malgré leur nombre relativement réduit, mes résultats semblent être nettement en faveur de la première interprétation. Dans chaque série l'effectif de mouches « Paris » inoculées est d'environ 70. Or, dans les trois cas où le variant a été rencontré, les nombres de sensibles étaient respectivement : 7-1 et 1. La probabilité de rencontrer le premier résultat était évidemment extraordinairement faible dans l'hypothèse adaptation.

Spectre d'activité. — Cette expérience a donc permis d'isoler trois souches virales possédant en commun la propriété symbolisée par $Paris^+$. L'une d'entre elles seulement a été étudiée quantitativement au point de vue de son aptitude à se développer dans les différentes souches réfractaires.

J'ai inoculé ce virus, d'une part à des mouches résistantes standard et d'autre part à des mouches des différentes souches réfractaires : « Paris », « Challuz » et « Nagasaki ».

Les résultats sont rapportés dans le tableau suivant :

	Souches non réfractaires.	Souches « Challuz » et « Paris ».	Souche « Nagasaki ».
$Paris^-$.................	+ + +	—	—
$Paris^+$.................	+ + +	+ + +	+

On voit que Paris⁻ ne se multiplie que dans les mouches standard. Quant à Paris⁺, sa vitesse de multiplication, mesurée par le temps nécessaire pour que les mouches deviennent sensibles, est à peu près la même dans les souches « Paris » et « Challuz » que dans les résistantes banales. Au contraire, sa multiplication est beaucoup plus lente dans les mouches « Nagasaki ».

Ces résultats définissent ce qu'on peut appeler, en utilisant le terme adopté dans les études sur le Bactériophage, le « spectre d'activité » de ce variant. Le couple d'allèles $Paris^{+}$, $Paris^{-}$ dont l'existence vient ainsi d'être mise en évidence vient s'ajouter à la liste des variations génétiques déjà connues pour le virus σ (4). La variabilité génétique de σ paraît donc être tout aussi riche que celle des autres virus qui ont été étudiés à ce point de vue.

(*) Séance du 26 novembre 1956.
(1) A. Guillemain, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1085.
(2) N. Plus, *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 88, 1954, p. 248-293.
(3) *Genetics*, 28, 1953, p. 491-511.
(4) C. Duhamel, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1157.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Importance du fer comme oligoélément dans l'utilisation de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger. Note de MM. **Didier Bertrand** et **André de Wolf**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parmi ses fonctions, le fer, comme le manganèse, intervient à l'échelon de l'aconitase dans l'utilisation de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger*. Ces deux oligoéléments n'étant pas remplaçables l'un par l'autre.

En 1950, Sh. R. Duckman et A. A. Cloutier (1), ont pu montrer que l'on pouvait augmenter considérablement l'activité de l'aconitase dialysée de cœur de Mammifère par addition de fer ferreux, d'autres ions n'ayant pas d'action. Ces auteurs en ont conclu que Fe^{++} pourrait bien être un cofacteur de cet enzyme.

Or quelques années plus tard (2), nous avons pu montrer, pour l'*Aspergillus niger*, que le manganèse jouait spécifiquement un rôle essentiel dans l'utilisation de l'acide citrique, soit comme constituant de l'aconitase, soit en intervenant dans sa synthèse. Dans ces conditions, il était intéressant de savoir si dans le cas de l'*Aspergillus niger*, le Fe^{++} intervenait aussi, ou non, sur l'activité du cycle citrique, dit cycle de Krebs, à l'échelon de l'aconitase, c'est-à-dire en modifiant ou non le taux d'acide citrique présent dans le milieu.

Nous avons repris la souche I. P. déjà employée pour notre recherche sur le manganèse, de façon à pouvoir comparer plus facilement les résultats. Pour les mêmes raisons, les conditions de culture furent identiques ([2]), c'est-à-dire : culture en milieu liquide (20 ml) non agité faite à 34° dans des récipients de silice transparente, après ensemencement avec environ 100 000 spores. Saccharose, 50 g; nitrate de sodium, 4,06 g; phosphate bipotassique, 0,35 g; sulfate de magnésium à $7H_2O$, 0,25 g; auxquels on ajoute : fer ferreux s'il y a lieu, 0,2 mg; zing, 0,2 mg; cuivre, 0,05 mg; manganèse, 0,025 mg et molybdène, 0,02 mg; eau q. s. p. 1 l ([3]). Les autres oligoéléments éventuellement nécessaires sont en quantité suffisante pour qu'il soit inutile d'en ajouter. pH 6,5 après stérilisation à 120° d'un quart d'heure. L'eau utilisée après purification préalable à l'aide d'un appareil à échangeur d'ions (résistivité 20 MΩ) est redistillée. Sans addition de fer, il en reste 95 µg par litre de milieu [dosage fait suivant la technique de R. Paulais ([4])].

Comme précédemment, l'acide citrique a été dosé par la méthode de M. Saffran et D. F. Denstedt ([5]). La chromatographie sur gel de silice, suivant la technique de N. A. Bulen et coll. ([6]), nous a permis de contrôler qu'il n'y avait pas d'acide isocitrique décelable vis-à-vis de l'acide citrique.

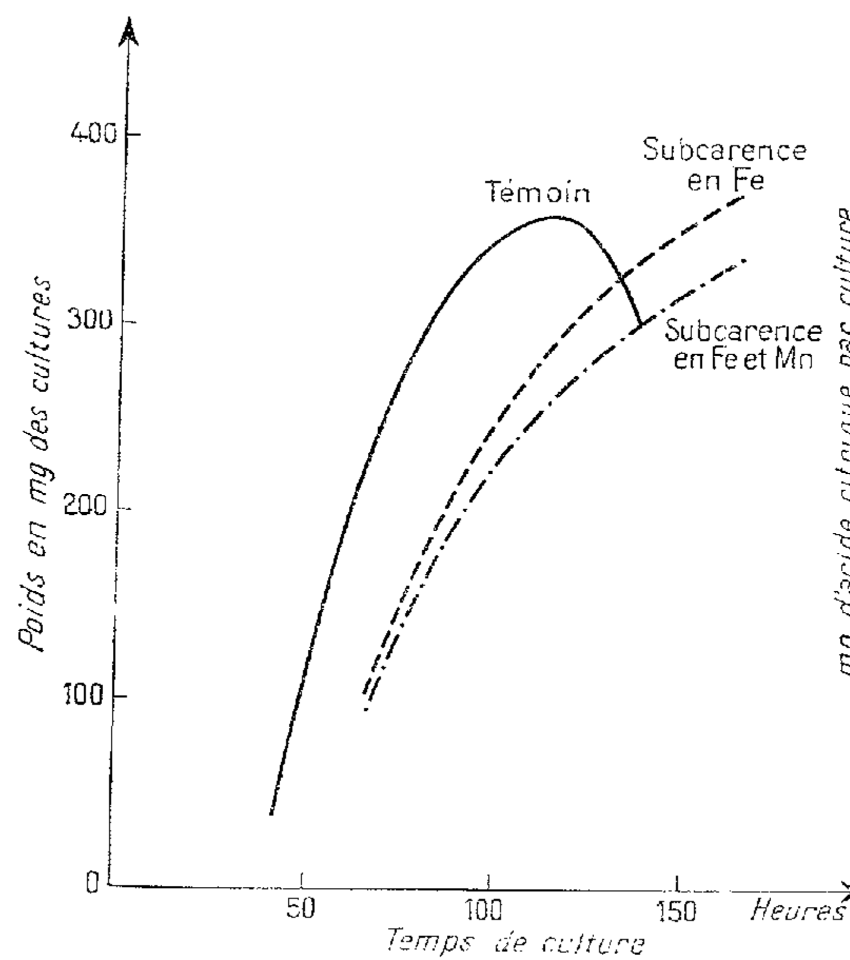


Fig. 1.

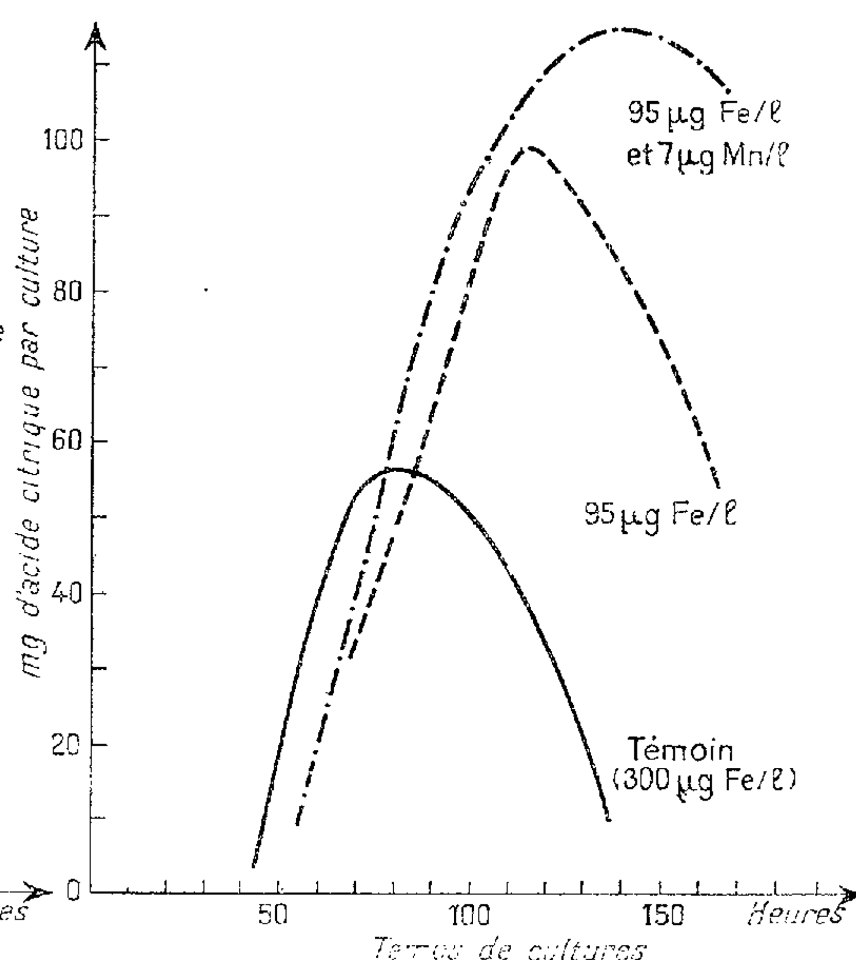


Fig. 2.

Nous nous trouvions ici dans des conditions un peu différentes de celles que nous avions avec un milieu subcarencé en manganèse. En effet, dans ce dernier cas, il était possible de trouver une concentration en cet oligo-élément telle que le poids de culture se trouvait pratiquement normal alors que le taux d'acide citrique était fortement augmenté, rendant ainsi plus facile l'interprétation du phénomène. Alors qu'avec le fer les variations de poids sec du thalle sont assez fortes. Néanmoins, avec 95 µg de fer restant par litre, la diminution de poids sec est relativement faible par rapport à celui des témoins (295 µg/l) alors que l'augmentation du

taux d'acide citrique est assez forte (*fig.* 1 et 2) ([7]). Comme dans le cas du milieu subcarencé en manganèse et pour les mêmes raisons, le mycélium subcarencé en fer finit par peser un peu plus que le mycélium témoin, mais ici le retard de croissance est beaucoup plus grand et atteint deux jours, probablement en raison du ralentissement de métabolisme dû aux autres fonctions du fer.

Si l'on subcarence aussi le milieu en manganèse pour n'en laisser comme précédemment que 7 μg/l ([2]), la culture est encore ralentie dans sa croissance tandis que le taux d'acide citrique s'élève encore par rapport à celui du milieu seulement subcarencé en fer. Si l'on joint donc ces résultats à ceux antérieurement acquis, on peut dire que le *fer et le mangnaèse ne semblent pas intervenir directement dans la synthèse de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger, *mais que, par contre, ils jouent indépendamment l'un de l'autre un rôle essentiel dans l'utilisation de cet acide soit comme constituants de l'aconitase, soit en intervenant dans la synthèse de cet enzyme.*

([1]) *Arch. of Biochemistry*, 25, 1950, p. 229.

([2]) D. BERTRAND et A. DE WOLF, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1877.

([3]) Les sels sont les mêmes que ceux utilisés antérieurement; les milieux renferment donc les mêmes quantités d'impuretés, utiles ou non, que précédemment.

([4]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 783.

([5]) *J. Biol. Chem.*, 175, 1948, p. 849.

([6]) N. A. BULEN, J. VARNER et R. C. BURREL, *Anal. Chem.*, 24, 1952, p. 187.

([7]) Les figures 1 et 2 sont données ici à titre d'exemple, les autres expériences étant analogues. Des petites variations de taux d'acide peuvent s'observer suivant l'ancienneté des spores, mais ne changent pas le sens du phénomène. Pour éliminer les petites erreurs possibles, nous avons opéré statistiquement pour chaque lot. Les différents lots sont en outre cultivés ensemble et à partir d'un même milieu de base.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hydrolyse trypsique du lysozyme d'œuf de poule. Structure de quelques peptides séparés par chromatographie sur colonne et enchaînement* C-*terminal*. Note de Mlle **JACQUELINE THAUREAUX** et M. **PIERRE JOLLÈS**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La structure de plusieurs peptides obtenus par hydrolyse trypsique du lysozyme d'œuf de poule a été établie, notamment l'enchaînement C-terminal : Gly. Cys. Arg. Leu.OH.

La séparation par chromatographie sur colonne de résine cationique à acide sulfonique (Dowex 50 × 2) et la composition des peptides obtenus par hydrolyse trypsique du lysozyme dénaturé et du lysozyme oxydé par l'acide performique ont été étudiées dans un récent travail ([1]). Dans le cas du lysozyme dénaturé, seuls les 9 pics d'un rendement supérieur à 10 % (T_1 à T_9) ont été analysés ([1]). Dans le cas du lysozyme oxydé, 17 pics ($T_0 1$ à $T_0 17$) ([1]) d'un rendement au moins égal à 5 % ont été isolés. Parmi ceux-ci se trouvent 7

des 9 pics déjà repérés dans le cas du lysozyme dénaturé, [T_2 et l'arginine libre (T_5) n'ont pas été retrouvés]. 7 des 10 pics supplémentaires contiennent des résidus d'acide cystéique, comme il fallait s'y attendre, l'oxydation des résidus de cystine en résidus d'acide cystéique rendant la chromatographie possible ; les trois autres (T_0 5, T_0 12 et T_0 13) avaient dans le cas du lysozyme dénaturé un rendement trop faible.

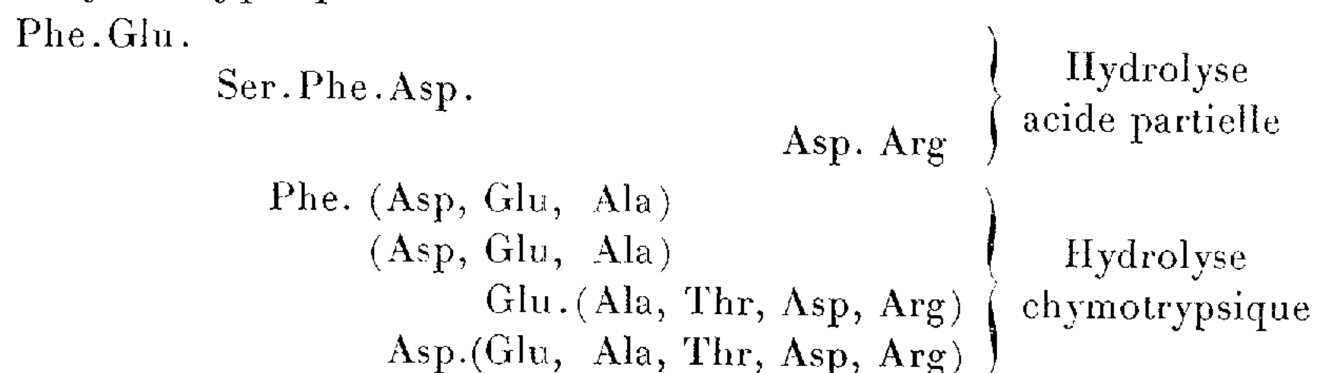
Acides aminés. — T_1, T_4 et T_5, représentant respectivement la leucine, la lysine et l'arginine, sont les seuls acides aminés libres obtenus par hydrolyse trypsique du lysozyme dénaturé. La leucine représente l'acide aminé C-terminal, la lysine, l'acide aminé N-terminal. Les rendements de ces deux acides aminés, 50 et 92 % respectivement, sont les plus forts obtenus au cours de cette étude, ce qui est conforme avec la position qu'ils occupent dans la molécule. L'arginine ne peut provenir que d'une liaison Lys.Arg ou Arg.Arg. Dans le cas du lysozyme oxydé, on n'a retrouvé que la leucine (T_0 3) et la lysine (T_0 8) libres. Cependant, dans l'hydrolysat partiel (HCl 11,7 N ; 37° ; 24 h) du peptide T_0 10, il a été possible d'isoler le peptide Lys.Arg. L'arginine libre observée dans le cas du lysozyme dénaturé pourrait provenir de cet enchaînement.

Peptides. — T_6 ou T_0 14 L'acide aminé N-terminal, Asp, est déterminé par la méthode d'Edman [2]. En appliquant ensuite la méthode de F. Sanger [3], on obtient de la DNP-arginine. En tenant également compte du comportement de ce peptide par ionophorèse sur papier à pH 6,5, qui est celui d'un peptide basique, on détermine la structure Asp (NH_2).Arg.

T_7 *ou* T_0 15. — L'acide aminé N-terminal, Thr, est déterminé par la méthode de Sanger [3]. Après son élimination par la méthode d'Edman [2], l'hydrolyse acide partielle du tétrapeptide résultant donne deux dipeptides, dont la structure a été établie : Pro.Gly et Ser.Arg. Comme le tétrapeptide réagit à l'isatine, réactif spécifique des peptides commençant par la proline, la structure du pentapeptide s'est trouvée établie : Thr.Pro.Gly.Ser.Arg.

La structure des deux peptides T_6 et T_7 isolés de manière tout à fait différente a déjà été décrite [4] et se trouve ainsi confirmée.

T_9 *ou* T_0 17. — L'enchaînement N-terminal, Phe.Glu, a été déterminé par la méthode de récurrence d'Edman [2] et l'enchaînement C-terminal, Asp. Arg, par hydrolyse acide partielle. Les huit peptides suivants, dont la structure a été étudiée, sont obtenus soit par hydrolyse acide partielle, soit par hydrolyse chymotrypsique :



La structure du décapeptide se trouve ainsi établie : Phe.Glu.Ser.Phe.Asp.Glu.Ala.Thr.Asp.Arg.

$T_0$3. — L'acide aminé N-terminal, $CySO_3H$, a été déterminé par les méthodes de Sanger ([3]) et d'Edman ([2]). Par hydrolyse acide partielle, on obtient les peptides suivants dont la structure a été étudiée : $CySO_3H$.Glu, $CySO_3H$.(Glu, Ala).Leu, Ala.Ala.Met.O_2, (Ala, Met.O_2).Lys. et Met.O_2.Lys. Sous réserve de présence de tryptophane, dont toutefois aucun produit de dégradation n'a pu être encore caractérisé, la structure du peptide serait : $CySO_3H$.Glu.Ala.Leu.Ala.Ala.Met.O_2.Lys.

T_0 10. — Ce peptide n'est autre que le peptipe T_0 3 rallongé par un résidu d'arginine. En effet, parmi les peptides isolés après hydrolyse acide partielle, on note : $CySO_3H$.(Glu, Ala).Leu, Ala.Ala.Met.O_2, (Met.O_2, Lys).Arg et Lys.Arg. L'acide aminé N-terminal est toujours $CySO_3H$ d'où l'on déduit la structure, toujours sous la réserve de présence éventuelle de tryptophane : $CySO_3H$.Glu.Ala.Leu.Ala.Ala.Met.O_2.Lys.Arg.

T_0 9. *Enchaînement C-terminal du lysozyme.* — L'hydrolyse trypsique du lysozyme donne naissance à de la leucine libre ([4]). Le même résultat est obtenu en faisant agir la carboxypeptidase sur cette protéine. Il s'agit donc de la leucine C-terminale, qui doit être précédée d'un résidu de lysine ou d'arginine, à cause de la spécificité que possède la trypsine. Le rendement en leucine libre obtenue après hydrolyse trypsique de 6 h à 37° du lysozyme dénaturé est de 50 % ; ce rendement tombe à 15 % dans le cas du lysozyme oxydé. Dans ce dernier cas, parmi les peptides isolés après hydrolyse trypsique il en est un (T_0 9) obtenu avec un excellent rendement (environ 60 %) qui n'est pas terminé par un acide aminé basique, mais par la leucine. En effet, en faisant agir la carboxypeptidase en présence de DFP, la leucine se détache déjà au bout de 10 mn ; mais même après 12 h d'action, cet acide aminé est le seul que l'on obtient. L'acide aminé N-terminal, Gly, est déterminé par la méthode de Sanger ([3]). Par la méthode de récurrence d'Edman ([2]), l'enchaînement N-terminal, Gly.$CySO_3H$, est établi. Le peptide ainsi raccourci est de nouveau traité avec le dinitrofluorobenzène. Après hydrolyse, on obtient de la DNP-arginine et de la leucine. Ainsi se trouvent établis la structure du peptide : Gly.Cys.SO_3H.Arg.Leu et l'enchaînement C-terminal du lysozyme : Gly.Cy.Arg.Leu.OH. En même temps, grâce à la méthode de récurrence utilisée, la présence de tryptophane ou d'un de ses produits de dégradation est exclue. Le faible rendement en leucine dans le cas du lysozyme oxydé, peut être expliqué par la présence, à côté de l'arginine, du groupement acide —SO_3H de l'acide cystéique qui semble inhiber partiellement l'action de la trypsine.

([1]) P. Jollès et J. Thaureaux, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1685.
([2]) P. Edman, *Acta Chem. Scand.*, 4, 1950, p. 283.
([3]) *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 511.
([4]) J. Thaureaux et R. Acher, *Biochim. Biophys. Acta*, 20, 1956, p. 559.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de glycérol dans les graines de* Ricinus communis *et de* Linum usitatissimum *en germination*. Note de M. **Robert Desveaux** et Mme **Madeleine Kogane-Charles**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Tous les auteurs qui ont jusqu'ici étudié la germination des graines oléagineuses ont admis que le premier phénomène est l'hydrolyse des lipides en acides gras et glycérol sous l'influence des lipases. Or, si les acides gras sont faciles à mettre en évidence, il n'en est pas de même du glycérol, qui jusqu'à présent, à notre connaissance, n'a jamais pu être caractérisé.

Ce fait était expliqué par une utilisation immédiate du glycérol dans des réactions anaboliques ou cataboliques sans que celles-ci aient pu être précisées; en réalité les quantités de glycérol existant à l'état libre sont si faibles que les méthodes jusqu'alors utilisées n'étaient pas assez sensibles pour les mettre en évidence.

Nous avons cherché à caractériser ce corps, dans les graines en germination, en utilisant des méthodes récentes qui allient sensibilité et spécifité.

Pour cela il était indispensable d'éviter toute hydrolyse des lipides, soit enzymatique, soit chimique et de séparer le glycérol des glucides qui gênent l'identification et empêchent le dosage.

Nous ne donnerons ici que le schéma de la méthode utilisée dont les détails paraîtront dans un Mémoire ultérieur.

Les albumens de Ricin, à divers stades de la germination sont stabilisés à l'alcool bouillant et extraits 6 h par ce solvant après broyage. On chasse l'alcool par distillation en utilisant une colonne à rectifier, en milieu rigoureusement neutre. Dans ces conditions il n'y a ni entraînement de glycérol [1] ni hydrolyse des glycérides. On élimine alors les lipides et les acides gras par plusieurs extractions du résidu au benzène anhydre. On reprend par l'eau; la solution aqueuse contient, non seulement les glucides et le glycérol, mais aussi les acides organiques hydrosolubles et leurs sels. Nous avons constaté que ceux-ci gênent le développement et la révélation des chromatogrammes. Nous les avons éliminés en passant la solution aqueuse sur les résines Amberlite IR 120 (résine cationique à acide sulfonique) et IR 410 (résine anionique à ammonium quaternaire), qui, nous l'avons vérifié, ne retiennent pas le glycérol. La séparation des glucides et du glycérol a été effectuée par passage sur une colonne d'alumine et de poudre de cellulose selon K. Sporek et A. F. Williams [2]. On élue par de l'acétone légèrement acétique et la solution obtenue est évaporée sous vide à 30°.

Nous avons obtenu par chromatographie sur papier, une tache impor-

tante dont le R_f correspond à celui du glycérol (R_f 0,57 dans le système ascendant propanol-acétate d'éthyle-eau 7-1-2). La révélation a été faite d'une part par la paraanisidine phosphorique selon J. Cerbulis ([3]), d'autre part avec le nitrate d'argent ammoniacal selon L. Hough ([4]).

La chromatographie révèle qu'il reste encore dans la solution des traces de glucides, ce qui ne permet ni de caractériser, ni de doser directement le glycérol.

Pour confirmer l'identité des taches obtenues nous avons préparé un dérivé caractéristique en utilisant pour la séparation du glycérol la chromatographie de bande. La totalité de l'extrait acétonique est étalée en une bande continue de quelques millimètres de large sur la ligne de départ. Après développement, la bande correspondant au R_f de la tache témoin est découpée et éluée par l'alcool, et ce dernier évaporé à basse température.

Nous avons pu obtenir de cette manière un tribenzoate F 71°. Le mélange de ce corps avec le tribenzoate obtenu à partir du glycérol pur n'abaisse pas le point de fusion.

En utilisant les mêmes techniques d'élution de bandes nous avons pu effectuer des déterminations quantitatives par oxydation periodique.

Les résultats obtenus pour la graine de Ricin sont résumés dans le tableau suivant :

Age en jours.	Longueur des plantules (mm).	Glycérol (mg pour 100 graines).
0	0	< à 0,5
2	3 à 5	40
4	10 à 20	60

Avec les graines de Lin nous n'avons pas effectué de détermination quantitative. Nous nous sommes bornés à des caractérisations chromatographiques. Nous avons cependant constaté que l'intensité de la tache obtenue, pour le même poids frais, est comparable à celle que donne le Ricin.

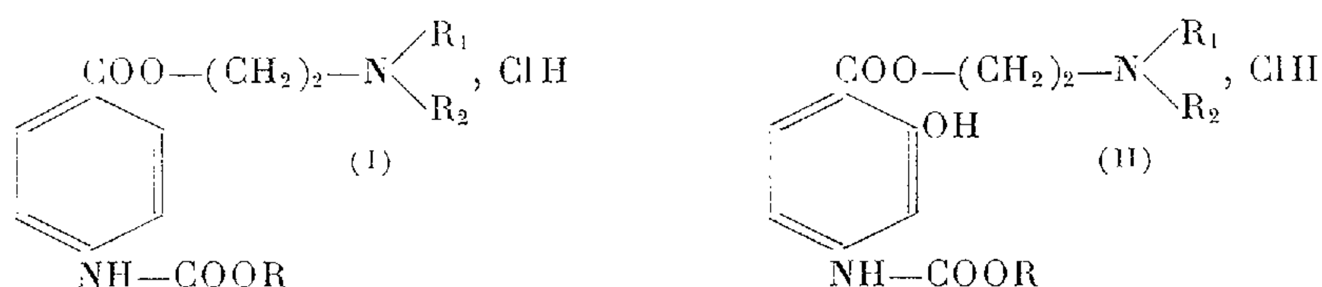
Nous pouvons donc affirmer que dans la germination du Ricin et du Lin, et probablement dans celle des autres graines oléagineuses, il se forme, en quantités dosables, du glycérol qui persiste dans les graines et provient vraisemblablement de l'hydrolyse des glycérides sous l'action des lipases.

([1]) L. Thivolle et R. Raveux, *Trav. memb. Soc. Chim. Biol.*, 24, 1942, p. 1066.
([2]) *The analyst*, 79, 1954, p. 63.
([3]) *Analyt. Chem.*, 27, 1955, p. 1400.
([4]) *Nature*, 165, 1950, p. 400.

PHARMACOLOGIE. — *Constitution chimique et activité anesthésique locale.* Note de MM. **René Giudicelli, Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs décrivent quelques nouveaux amides dérivés des acides paraaminobenzoïque et paraaminosalicylique. Comparant les toxicités et les propriétés anesthésiques locales de surface de ces deux séries de composés, ils constatent que l'introduction d'une fonction phénolique en position 2 améliore le rapport activité/toxicité par augmentation de l'activité.

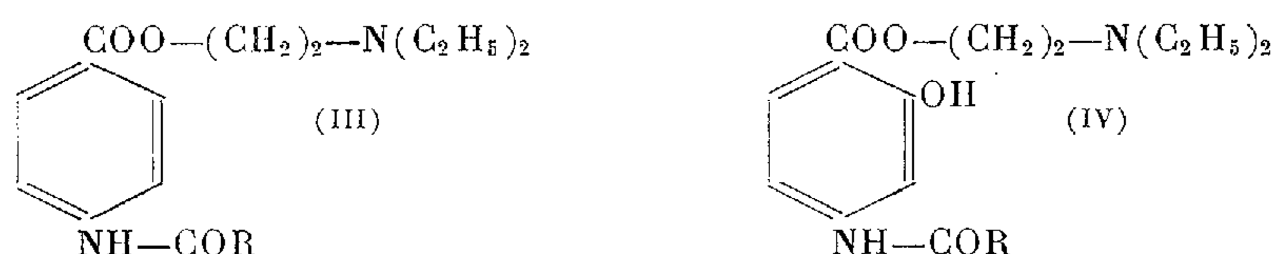
Dans de précédentes publications [1], [2], [3], nous avons décrit et comparé les propriétés anesthésiques locales de surface de certains carbamates dérivés de l'acide paraaminobenzoïque (P. A. B.) et de l'acide paraaminosalicylique (P. A. S.) de formules générales respectives (I) et (II),



dans lesquelles $NR_1R_2 =$ diéthylamino ou morpholino, R = alcoyle ou aralcoyle.

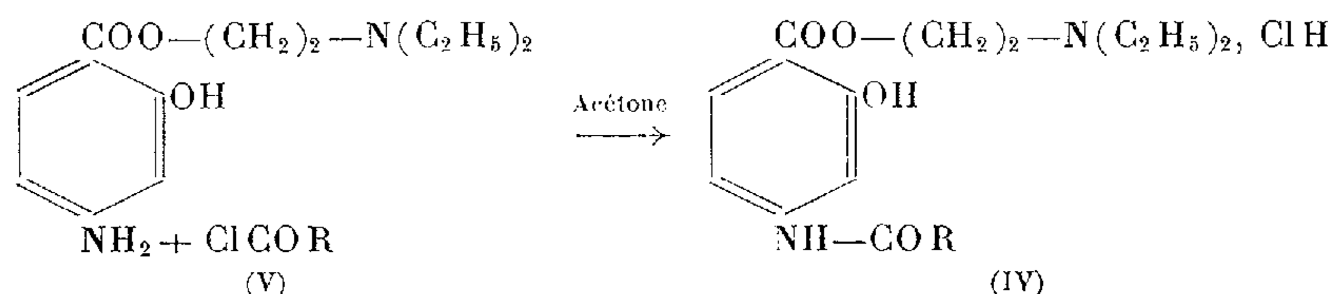
Cette étude comparative a montré que l'introduction dans la molécule (I) d'une fonction phénol en 2 ne modifie pas sensiblement son pouvoir anesthésique local, mais atténue sa toxicité.

Cette influence de la fonction phénolique se retrouve-t-elle lorsqu'on compare les amides de formule (III), dont certains termes ont déjà été étudiés par Régnier [4], avec ceux de formule (IV)?



Les amides (III) ont été synthétisés par action du chlorure d'acide choisi sur la procaïne en milieu acétonique.

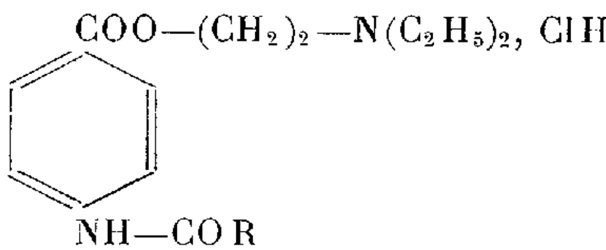
Les produits de formule (IV) ont été obtenus suivant l'équation



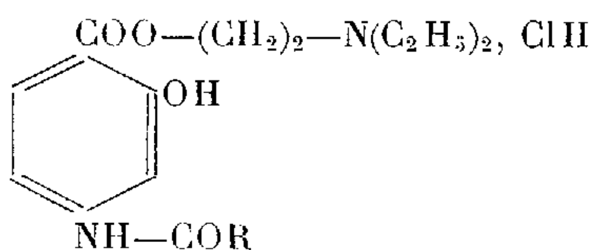
Les composés (V) ont été préparés par la méthode de W. Grimme et H. Schmitz ([5]).

Le tableau ci-après indique, pour chacun des composés nouveaux préparés, le point de fusion; la toxicité (DL 50) ou dose léthale 50 % par voie intraveineuse chez la Souris blanche; l'activité anesthésique locale de surface mesurée par la méthode de Régnier ([6]) et exprimée comparativement à celle du chlorhydrate de cocaïne considérée comme égale à 1.

A. *Amides dérivés du P. A. B.*



B. *Amides dérivés du P. A. S.*



R.	F (° C) (*).	DL 50.	Activité.	F (° C) (*).	DL 50.	Activité.
CH_3	152	0,075	0,05	200	0,095	0,1
C_2H_5	140	0,075	0,1	170	0,07	0,2
C_3H_7	145	0,022	0,2	–	–	–
C_4H_9	145	0,023	0,5	164	0,025	2
C_5H_{11}	139	0,020	1	180	0,02	4
C_7H_{15}	149	0,015	3-4	150	0,015	5-6
C_8H_{17}	137	0,015	2	135-136	0,015	1,5-2
C_9H_{19}	130	0,017	0,5	–	–	–
C_6H_5	147-148	0,065	0,02	198-199	0,09	0,1
$C_6H_5(CH_2)_2$	–	–	–	180	0,05	0,3-0,4
C_6H_{11}	177	0,065	0,1	189	0,10	0,15
C. *Procaïne*...		0,10	0,10	D. *Hydroxy-2 procaïne*...	0,085	0,2-0,3

(*) Point de fusion déterminé par fusion instantanée au bloc Maquenne.

L'examen de ce tableau permet de constater que :

1° La transformation des groupements NH_2 de la procaïne et de l'hydroxy-2 procaïne en groupement amide NH—COR exalte l'activité anesthésique locale de surface, mais dans de moindres proportions que leur transformation en groupement carbamate NH—COOR. L'activité anesthésique locale de surface des amides (III) et (IV) commence par augmenter avec le nombre d'atomes de carbone du radical R, atteint un maximum lorsque R renferme sept atomes de carbone puis décroît rapidement.

Nous avons déjà ([7]) signalé des faits identiques à propos des amides et des carbamates dérivés des tertioaminoalcoxy-1 amino-4 benzènes.

2° Pour une même valeur de R, les produits III et IV ont sensiblement la même toxicité, mais les produits IV possèdent, en général, un pouvoir anesthésique local de surface plus élevé.

En conclusion, l'introduction d'une fonction phénolique en position 2 améliore le rapport activité/toxicité dans le cas des amides (III) et (IV) comme dans celui des carbamates (I) et (II). Cette amélioration est due, dans le premier cas, à une augmentation de l'activité et, dans le second, à un abaissement de la toxicité.

(1) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1440.
(2) *Bull. Soc. Ch. Fr.*, 1955, p. 1189-1192.
(3) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 108.
(4) Brevet français, n° **815.220**.
(5) *Ber.*, **84**, 1951, p. 734-744.
(6) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 558 et *Thèse Doctorat Médecine*, Paris, 1929.
(7) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 229.

TOXICOLOGIE. — *Sur la toxicité des aldéhydes phtaliques.* Note de M. **Fernand Caujolle**, M[lles] **Denise Meynier, Paule Auriac, Sophie Frajdenrach** et M. **Laury Troplent**, présentée par M. René Fabre.

Les trois dialdéhydiques benzoïques ne sont pas des poisons à action différée. Pour la Souris, le dérivé ortho (*a.* phtalique) est 30 fois plus toxique que le dérivé méta (*a.* isophtalique) et 40 fois plus toxique que le dérivé para (*a.* téréphtalique); le fait que la toxicité maxima appartient au dérivé ortho est en opposition avec les données classiquement admises.

Le benzaldéhyde et les trois dialdéhydes benzoïques : *a.* phtalique (ortho, F 56°), *a.* isophtalique (méta, F 89°,5), et *a.* téréphtalique (para, F 115°,5), mis en solution à 20 mmol % dans de l'huile d'olive neutralisée, ont été injectées par voie intrapéritonéale à des souris mâles ou femelles non gravides, de 20±2g,

Le tableau ci-dessous résume nos résultats acquis sur un ensemble homogène de 780 souris, en des temps d'observation uniformément limités à 24 heures; ces résultats ne témoignent que des effets immédiats des intoxications.

Aldéhyde ou dialdéhyde.	Dose maxima jamais mortelle (g/kg).	DL 50 en g/kg à échéance de 24 h — Formule de Kaerber.	DL 50 en g/kg à échéance de 24 h — Morts cumulées.	Dose minima toujours mortelle (g/kg).
Benzoïque	0,848	0,975	1,020	1,113
Phtalique	0,007	0,027	0,027	0,040
Isophtalique	0,696	0,801	0,824	0,911
Téréphtalique	0,911	1,035	1,085	1,179

Les survivants ont été maintenus en observation pendant 25 jours. Les aldéhydes isophtalique et téréphtalique ne déterminent pas de mortalités différées; le benzaldéhyde ne provoque aucun exitus au-delà du troisième jour et l'aldéhyde orthophtalique au-delà du quatrième jour.

Les aldéhydes étudiées ne sont pas convulsivantes, à l'exception de l'aldéhyde isophtalique, qui provoque des spasmes musculaires, avec catatonus de la queue; cette métadialdéhyde se signale en outre par l'intensité des phénomènes oculaires qu'elle occasionne (exophtalmie, opacification progressive du globe oculaire), par contre elle ne déclenche point de crises dyspnéiques comme ses isomères et le benzaldéhyde.

Le redoublement de la fonction aldéhyde exalte la toxicité moléculaire, lorsqu'il s'effectue en position ortho : la toxicité moléculaire du dialdéhyde benzoïque ortho est cinquante fois plus considérable que celle du benzaldéhyde.

Les doses léthales 50 % (DL 50) des trois isomères dialdéhydiques, exprimées en millimolécules par kilog de souris, font ressortir que la toxicité du dérivé ortho est environ 30 fois plus élevée que celle du dérivé méta et 40 fois plus élevée que celle du dérivé para. Nos observations soulignent la précarité de la règle trop hâtivement formulée à l'égard des dérivés bisubstitués aromatiques, indiquant que les toxicités sont minima pour les dérivés ortho et maxima pour les dérivés para.

IMMUNOLOGIE. — *Production des anticorps chez le jeune lapin. Action de la somatotrophine hypophysaire.* Note (*) de MM. **Jean Verge**, **Pierre Goret**, **Alain Paraf** et **Georges Vincent**, transmise par M. Gaston Ramon.

Ces recherches ont été dictées par plusieurs considérations : le système réticulo-endothélial, formateur d'anticorps, est très développé chez le jeune et possède de plus un pouvoir métabolique supérieur à celui de l'adulte.

En revanche, il est généralement admis que le jeune animal produit moins d'anticorps que l'adulte parce que, chez lui, les cellules chargées de cette fonction sont immatures.

Notre hypothèse de travail fut alors que cette relative incapacité à produire des anticorps est due à une insuffisance du système neuro-hormonal. Notre attention s'est portée plus spécialement sur la somatotrophine hypophysaire ou S. T. H. :

a. parce que c'est une hormone de croissance dont l'action doit être plus marquée chez le jeune que chez l'adulte;

b. parce qu'elle provoque un anabolisme protidique important.

Nous avons choisi des lapins d'âge et de poids différents comme animaux d'expérience.

L'antigène utilisé est une suspension titrée à 1 milliard de germes par millilitre de *Salmonella Typhi Murium*, tuées par chauffage à 56° pendant 1 h. Nous utilisons cet antigène parce qu'il est très puissant chez le

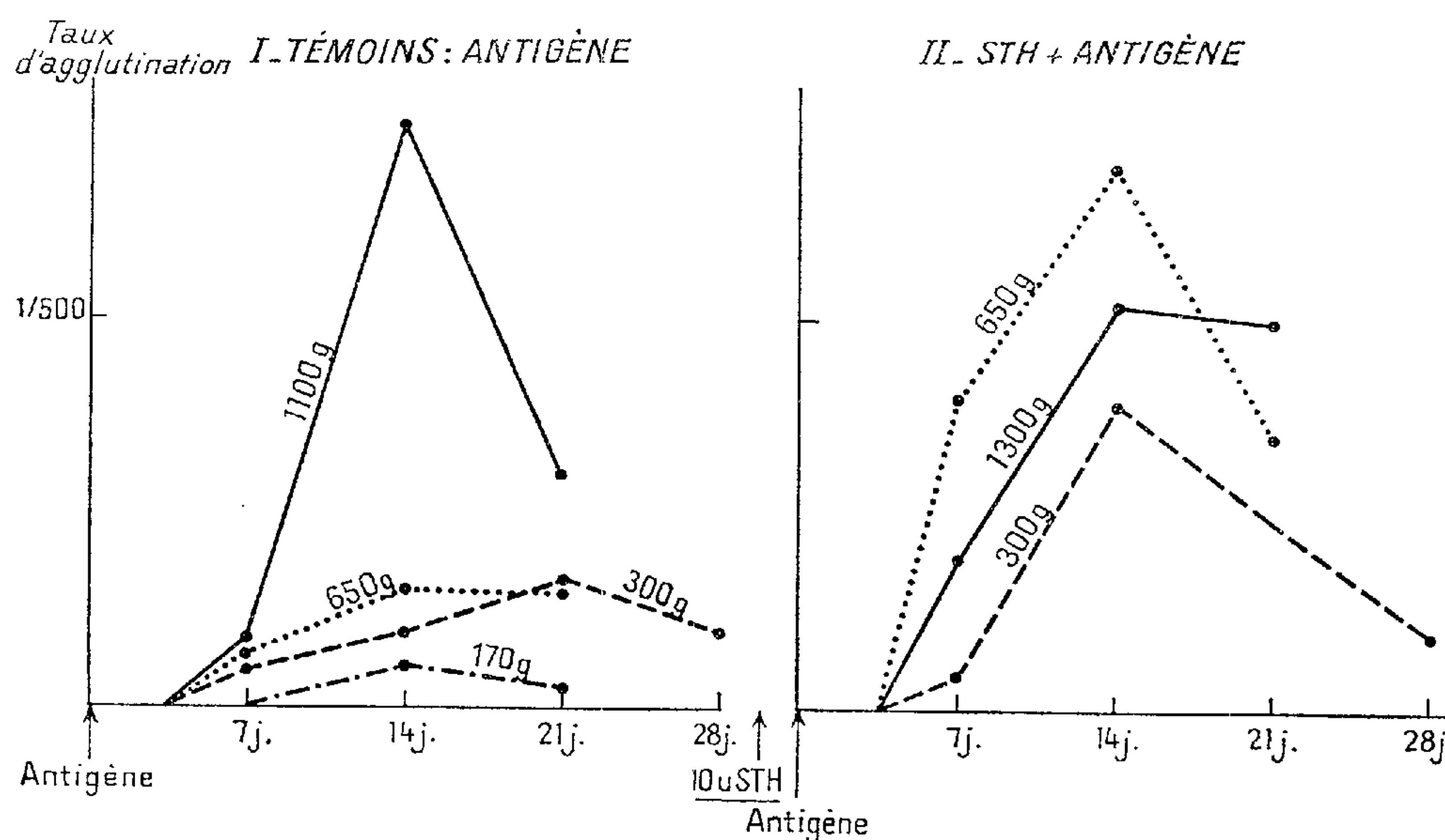
lapin et très différent des protéines-lapin, ne voulant pas risquer de provoquer une réaction d'interférence avec le phénomène de blocage immunitaire [Verge et Paraf ([1])]. L'antigène est inoculé par voie intraveineuse à la dose de 1 cm³ par animal et nous ne réalisons qu'une seule injection comme stimulation antigénique.

L'hormone somatotrope ([2]) se présente sous forme lyophilisée. Dissoute et préparée extemporanément, elle est injectée par voie intramusculaire à des doses variables.

Les prises de sang sont effectuées tous les sept jours à partir de l'inoculation de l'antigène et les résultats s'expriment par le titre des agglutinines présentes dans le sérum sanguin.

Les lapins pris comme témoins ont été choisis au hasard dans toutes les portées. Nous avons expérimenté sur plusieurs lots d'animaux de poids différent. Un 1er lot est constitué par 7 lapins dont le poids moyen est de 1100 g (les deux extrêmes oscillent entre 1000 et 1200); un 2e lot est composé de 3 lapins de 675 g (600 à 800); un 3e lot, de 6 animaux de 320 g (315 à 379 g); un 4e, de 10 lapins de 170 g (130 à 210).

Chez les lapins destinés à l'expérimentation, nous injectons la S. T. H. à des doses variables : 3 U ou 10 U de S. T. H., soit en une fois, soit de façon répétée.



Les résultats obtenus dans les lots témoins figurent dans le tableau général ci-après et sur le graphique (I). Les agglutinines atteignent leur maximum 14 jours après l'inoculation de l'antigène. Ce maximum varie avec les différents poids des animaux : la différence s'accentue surtout

entre les lapins de plus de 1 kg et ceux dont le poids est inférieur à 700 g. Dans notre tableau nous n'avons indiqué que la moyenne des taux maximum enregistrée le 14e jour dans les différents lots d'animaux.

Lapins témoins	Lot 1 100 g 1/800	Lot 650 g 1/150	Lot 300 g 1/100	Lot 170 g 1/50
» 1 injection de 10 U de S.T.H.	Lot 1 300 g 1/550	Lot 650 g 1/700	Lot 300 g 1/400	– –
» 2 injections de 10 cm³ de S.T.H.	– –	Lot 600 g 1/100	– –	– –
» 4 injections de 10 U de S.T.H.	Lot 1 200 g 1/350	– –	– –	– –
» 1 injection de 3 U de S.T.H.	– –	– –	– –	Lot 180 g 1/100

Dans les trois différents lots ayant reçu une injection de 10 U de S. T. H. (1300, 650, 300 g) les résultats sont très différents : l'action de la S. T. H. se fait sentir chez les animaux pesant 300 ou 650 g par une augmentation importante du titre des anticorps, alors qu'elle est pratiquement nulle sur les lapins d'un poids de 1300 g.

Les lapins des lots ayant reçu deux injections de 10 U de S. T. H. présentent un titre d'anticorps maximum moins élevé que les animaux ayant reçu une injection : il est sensiblement égal, voire inférieur à celui des témoins de même poids 1/100.

Les lapins de 1200 g des lots ayant reçu quatre injections de 10 U de S. T. H. ont un taux d'anticorps maximum moins élevé que celui des lapins témoins : 1/350 au lieu de 1/800 chez les témoins.

Les lapins de 170 g des lots ayant reçu 3 U de S. T. H. ont un taux qui n'est guère modifié par l'administration de la S. T. H. De 1/50 chez les témoins, il s'élève à 1/100, différence qui ne nous semble pas suffisante pour permettre une interprétation valable.

Conclusions. — Les jeunes lapins produisent moins d'anticorps agglutinant et pendant une plus faible durée que les adultes : ces différences s'accusent lorsque le poids des animaux passe de 650 à 1100 g.

L'hormone somatotrope hypophysaire administrée à dose convenable provoque une importante élévation du titre des anticorps chez les animaux pesant 650 g et moins, mais son action est nulle ou défavorable chez les lapins de 1100 g.

Après injection de somatotrophine, la courbe générale des titres des anticorps n'est pas modifiée d'où l'on peut en inférer que l'hormone n'intervient pas de façon spécifique, mais par sa propriété de favoriser l'anabolisme protéique.

(*) Séance du 19 novembre 1956.

(¹) J. Verge et A. Paraf, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

(²) M. Briat a mis à notre disposition, au cours de ces expériences, toutes les quantités d'hormones que nous lui avons demandées.

IMMUNOLOGIE. — *L'analyse immunoélectrophorétique des sérums de malades atteints d'affections hépatiques.* Note de MM. **Lucien Hartmann, Pierre Burtin, Pierre Grabar** et **René Fauvert**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'analyse immunoélectrophorétique, méthode décrite par Garbar et Williams (¹) en 1953, a été appliquée aux sérums de malades atteints d'affections hépatiques, avant tout ictères infectieux et cirrhoses alcooliques. Des anomalies d'un type particulier ont été relevées dans la plupart des cas, elles permettent d'individualiser un « aspect inflammatoire » des diagrammes immunoélectrophorétiques.

L'analyse immunoélectrophorétique nous a permis d'étudier plus de 60 sérums de malades atteints d'affections hépatiques, avant tout des ictères infectieux ou des cirrhoses alcooliques. Comme témoin, nous avons utilisé un mélange de sérums humains normaux.

Comme méthodes, nous avons parfois employé la technique décrite par P. Grabar et C. A. Williams Jr (¹). Plus souvent nous avons utilisé la microméthode de J. J. Scheidegger (²). Pour la révélation immunochimique, nous nous sommes servis d'un immunsérum de cheval antisérum humain normal (n° 1299) soit entier, soit épuisé préalablement par une préparation purifiée de γ-globulines. Dans un certain nombre de cas, nous avons aussi utilisé un immunsérum antimacroglobuline, préparée par injections à des lapins de macroglobuline mélangée avec des substances adjuvantes de Freund (et isolée de sérums de sujets atteints de syndrome de Waltenström). Ultérieurement, après lavage soigneux et dessiccation des plaques de gélose, des colorations ont été pratiquées selon J. Uriel et P. Grabar (²) le plus souvent avec l'amidoschwarz. Les traits de précipitation deviennent ainsi plus nets et surtout plus faciles à photographier.

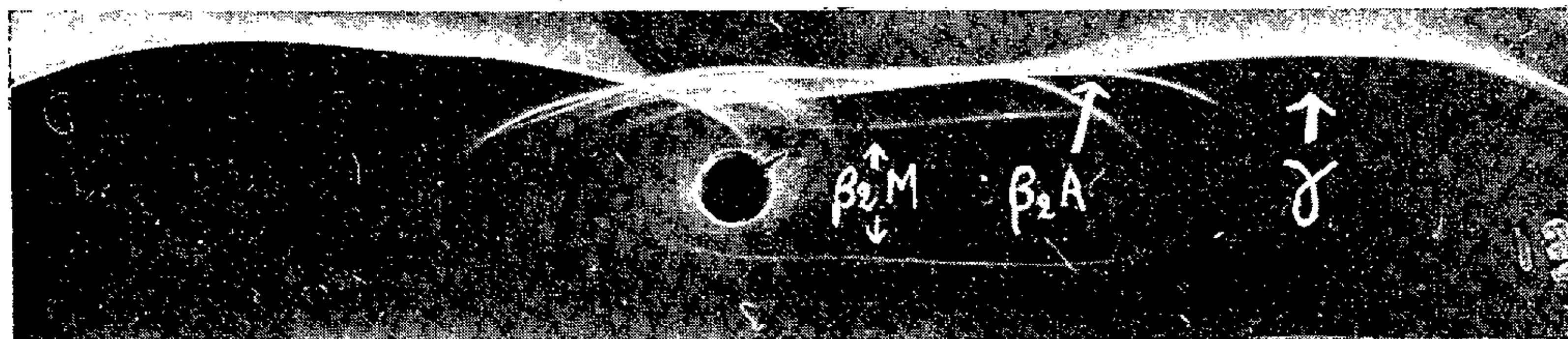
Résultats. — Dans la plupart des cas, les modifications suivantes ont été observées avec l'immunsérum 1299 :

— une précipitation spontanée de certaines protéines se produit souvent juste en arrière du réservoir de départ;

— la ligne de précipitation des γ-globulines est plus longue que dans le sérum humain normal employé en même quantité, souvent épaissie : cet aspect traduit une augmentation des γ-globulines, mais sans anomalie immuno-chimique;

— les anomalies des deux β_2-globulines sont particulièrement nettes quand on emploie l'immunsérum 1299 épuisé par les γ-globulines, car leurs lignes de précipitation ne sont pas recouvertes par celle des γ-globulines.

La ligne de précipitation de la β_2-A-globuline est plus longue et plus nette que dans le sérum humain normal. Celle de la β_2-M-globuline est presque toujours visible, et parfois très nettement, alors que pour la mettre en évidence dans le sérum humain normal, il faut utiliser une prise d'essai cinq à six fois plus grande que d'habitude.



Analyse immunoélectrophorétique d'un sérum d'hépatite, avec un immunsérum antisérum humain total n° 1299 (*en haut*) et un immunsérum antimacroglobuline (*en bas*).

Les deux β_2-globulines sont donc nettement augmentées.

— Les autres protéines ne paraissent pas être modifiées (dans la limite de sensibilité de la méthode) à l'exception de quelques cas d'ictère grave (l'emploi d'autres immunsérums est alors préférable).

Discussion. — 1° Les anomalies que nous venons d'exposer nous paraissent assez bien rendre compte des perturbations électrophorétiques maintenant classiques. Nous retrouvons en effet l'augmentation des γ-globulines maintes fois signalée, mais nos résultats nous permettent d'insister sur l'augmentation des deux β_2-globulines, jusqu'alors encore inconnues.

2° La β_2-M-globuline semble être, d'après les données de l'ultracentrifugation, une protéine d'un haut poids moléculaire, faisant partie de constituants lourds ayant une constante de sédimentation S d'environ 20 : c'est la « macroglobuline physiologique » ([4]). Aussi avons-nous employé un immunsérum anti-macroglobuline, épuisé de manière à ne contenir apparemment aucun autre anticorps. Il a montré l'existence dans les sérums étudiés de la macroglobuline sous forme d'un trait de précipitation allongé, de mobilité identique à celle de la β_2-M-globuline, et ayant souvent une forme à double courbure, dont la plus rapide entoure la zone de précipitation spontanée située en arrière du réservoir de départ.

3° Dans tous les cas où existent les anomalies immunoélectrophorétiques on note une perturbation importante des tests de floculation : thymol, céphaline-cholestérol, « red colloïdal test », Kunkel-phénol. A l'inverse, les sérums dans lesquels ces anomalies manquent ont des tests de floculation normaux ou peu perturbés. De même, trois cas d'ictère par rétention n'avaient d'anomalies ni de l'immunoélectrophorèse, ni des tests de floculation.

Il semble donc qu'on puisse considérer ces anomalies immunoélectrophorétiques comme la marque d'un syndrome inflammatoire.

4° Ces anomalies n'ont par contre aucune valeur étiologique. On les trouve aussi bien dans les hépatites virales que dans les cirrhoses éthyliques en poussée. De plus, leur existence ne signe nullement l'atteinte hépatique, puisqu'on peut les constater dans nombre de mononucléoses infectieuses, de scléroses en plaques, de polyarthrites chroniques évolutives. Il est possible qu'elles soient le reflet des altérations du système réticulo-endothélial, quelle qu'en soit la zone touchée.

(1) *Bioch. Bioph. Acta*, 10, 1953, p. 193 et 17, 1955, p. 67-74.
(2) *Int. Arch. Allergy*, 7, 1955, p. 103-110.
(3) P. Uriel et P. Grabar, *Ann. Inst. Pasteur*, 9, 1956, p. 427-440.
(4) P. Burtin et coll., *Revue Franç. Ét. Clin. et Biol.* (à paraître).

IMMUNOLOGIE. — *Sur la nature de la réponse secondaire.*
Note de M. **Jean-Marie Dubert**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'injection secondaire d'un antigène présentant des relations croisées avec l'antigène initialement injecté, entraîne la formation d'anticorps qui correspondent à l'antigène initialement injecté, même si l'antigène injecté secondairement ne possède pas certains groupements antigéniques du premier.

La cinétique caractéristique de la formation des anticorps au cours de la réponse secondaire pourrait être expliquée par l'hypothèse suivante : à la suite de la première injection d'antigène, certaines cellules de l'animal acquerraient des groupes spécifiques qui leur permettraient de capter plus efficacement cet antigène lorsqu'il est réinjecté. Il s'agirait d'un phénomène comparable à la concentration active de l'inducteur observée au cours de l'induction enzymatique (1). L'expérience que nous décrivons doit permettre d'éprouver la valeur de cette hypothèse.

Les antigènes utilisés ont été, d'une part une préparation purifiée d'albumine humaine (Behringwerke) et, d'autre part, la même albumine diazotée avec de l'acide sulfanilique (environ 18 groupes par molécule d'albumine). Nous désignerons ces deux antigènes respectivement par AH et AHD.

Trois lots de quatre lapins chacun ont été traités de la manière suivante :

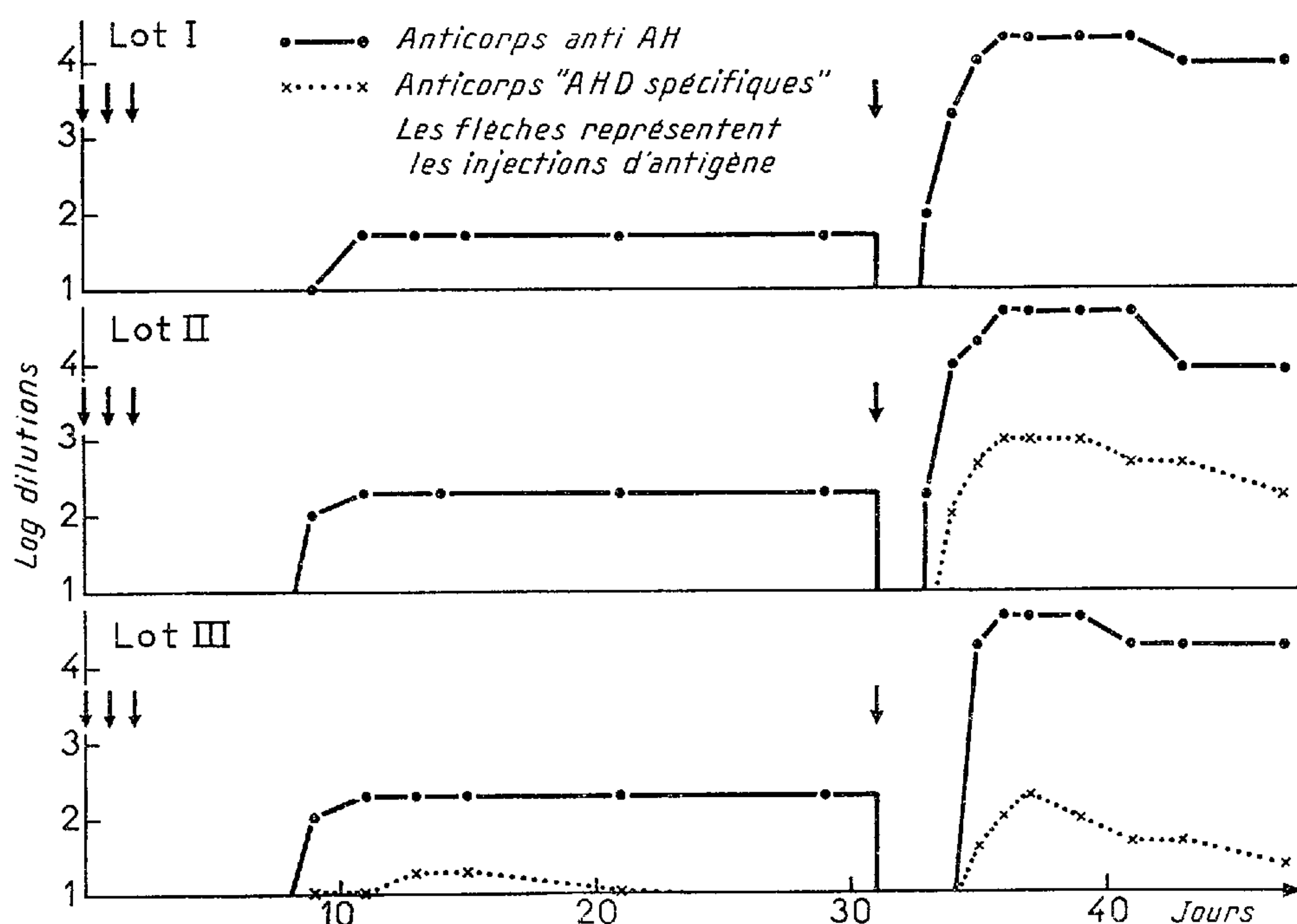
	Injections primaires (*).	Injection secondaire (**).
Lot I	AH	AHD
» II	AHD	AHD
» III	AHD	AH

(*) Trois injections intraveineuses de 5 mg à 24 h d'intervalle.
(**) Une injection intraveineuse de 25 mg, 31 jours après.

Des prises de sang répétées ont permis de déterminer, au cours du temps, les variations du titre des anticorps circulants. Pour obtenir la sensibilité maximum, nous déterminons le titre des sérums par la méthode d'hémagglutination passive [S. V. Boyden ([2])].

Après épuisement d'un sérum anti-AHD par AH, on détermine le titre des anticorps se combinant avec AHD : ces anticorps, selon toute vraisemblance, se combinent aux groupes antigéniques nouveaux apparus par suite de la diazotation ([3]). Nous les appellerons anticorps « AHD spécifiques ».

Les graphiques représentent la variation du titre des anticorps circulant pour un individu caractéristique de chacun des trois lots.



Le lot II (AHD puis AHD) est un contrôle des techniques d'immunisation et de titrage. Il permet de définir les caractéristiques de la réponse secondaire pour les anticorps anti-AH et « AHD spécifiques ».

Dans le lot I (AH puis AHD), la réponse secondaire pour les anticorps anti-AH a été typique. Le fait que, même au 12e jour, aucun anticorps « AHD spécifique » n'ait pu être détecté prouve qu'il n'y a pas eu de réponse secondaire : ces anticorps, en effet, ne sont pas toujours détectables au cours de la réponse primaire, ils l'ont toujours été au cours de la réponse secondaire.

Dans le lot III (AHD puis AH), on observe une réponse secondaire typique pour les anticorps anti AH et pour les anticorps « AHD spécifiques ».

Dans la mesure où la réponse secondaire observée dans le lot I pour les anticorps anti-AH serait attribuée à une pénétration accélérée des groupements AH réinjectés, les anticorps AHD spécifiques auraient dû apparaître avec la même cinétique si, comme l'indiquent de nombreuses expériences ([4]), les groupements antigéniques introduits par la diazotation restent fermement liés aux groupements AH dans la molécule de AHD.

Par ailleurs, dans le lot III, on ne devrait observer aucune augmentation des anticorps « AHD spécifiques ». L'expérience contredit l'une et l'autre de ces prévisions. Notons cependant que des expériences récentes de F. J. Dixon et P. H. Maurer ([5]), effectuées selon un schéma voisin du nôtre, mais où les antigènes sont des protéines d'origines animales différentes, apportent des arguments en faveur de l'hypothèse d'une pénétration plus efficace de l'antigène lors de l'injection secondaire. Mais il s'agit là d'un système plus complexe que le système AH-AHD. Quoiqu'il en soit, s'il reste possible qu'un tel mécanisme existe, son existence à elle seule ne pourrait pas expliquer la cinétique de la réponse secondaire.

L'ensemble de nos résultats semble être conforme à la règle suivante : au cours de la réponse secondaire, les anticorps formés correspondent toujours aux antigènes primitivement injectés (anti-AH pour le lot I, anti-AHD pour les lots II et III) même si l'antigène « croisé », secondairement injecté, ne possède pas certains déterminants antigéniques du premier (lot III). Il semble que, au cours du phénomène de rappel, c'est essentiellement l'information structurale acquise au cours de la phase primaire qui est réexprimée. Dixon et Maurer ([5]) ont également trouvé, en utilisant des antigènes protéiques de diverses espèces animales, que l'injection secondaire d'un antigène présentant des réactions croisées avec l'antigène initialement injecté, entraîne la formation d'anticorps qui sont spécifiques du premier antigène.

Ces constatations peuvent se traduire dans les termes de la théorie émise par Coons selon laquelle la formation d'un anticorps spécifique serait le résultat de la différenciation et de la multiplication de clones cellulaires spécialisés ([6]). La lignée cellulaire spécialisée dans la synthèse d'un certain type d'anticorps peut être stimulée par l'antigène qui lui a donné son originalité, ou par un antigène « croisé ». Mais cette lignée cellulaire assurerait la synthèse des anticorps en fonction de l'information qu'elle possède et qui constitue son originalité.

(1) J. Monod, *Acad. Press. Inc. Pub.*, New-York, 1956, p. 7.
(2) *J. Exp. Med.*, 93, 1951, p. 107.
(3) B. Cinader et J.-M. Dubert, *Proc. of the Roy. Soc.*, B, 146, 1956, p. 18.
(4) F. Haurowitz et H. Walter, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 88, 1955, p. 67.
(5) *J. Immunol.*, 74, 1955, p. 418.
(6) A. H. Coons, *J. Exp. Med.*, 102, 1955, p. 61.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications apportées,* in vitro, *à des combinaisons collagène-mucopolysaccharides par des sels divers.* Note de

Mlle **Suzanne Bazin** et M. **Albert Delaunay**, transmise par M. Gaston Ramon.

Nous montrerons, dans cette Note, comment une combinaison normale collagène-mucopolysaccharide peut être modifiée quand elle doit prendre place, *in vitro*, en présence de sels divers.

A. Matériel utilisé. — 1° *Collagène.* — Nous avons utilisé, en tous cas, un collagène acido-soluble : *le collagène A* (Nageotte, 1927). Les solutions étaient, toutes, limpides et âgées, au maximum, de 4 jours (quantité de collagène dissous d'après les dosages d'azote et d'hydroxyproline : environ 0,8 mg/ml; pH de la solution standard : 4,3 à 4,5).

2° *Mucopolysaccharides : Acide chondroïtine-sulfurique* (A. Ch. S.) et *héparine.* Ces deux produits ont été dissous dans l'eau, le pH des solutions étant ajusté à 4,3. Une seule dose a été retenue, à savoir la *dose précipitante optimum*; nous rappelons que nous désignons de ce nom la quantité de substance qui, ajoutée à une solution de collagène A, se montre capable de donner un précipité qui contient tout le collagène présent dans le milieu et la plus grande partie (sinon la totalité) de la substance en cause. Cette dose est pour le A. Ch. S. de 0,20 mg/ml [1] et pour l'*héparine* de 0,10 mg/ml [2].

3° *Sels.* — Ont été utilisés pour les expériences ici rapportées : ClNa, SO_4Na_2 et PO_4H_2Na. A certaines concentrations, ces sels sont capables, *per se*, de précipiter le collagène [3], la dose précipitante limite étant de 0,213 M pour SO_4Na_2 et de 0,427 M pour ClNa et PO_4H_2Na. Au cours de nos expériences, nous avons utilisé cette dose ou des doses plus faibles (0,00427, 0,0427, 0,085, 0,213 M).

B. Technique expérimentale. — Les trois sels retenus ont été, dans un premier temps, dissous dans les solutions d'héparine ou de A. Ch. S. Puis, le pH ayant été ajusté à 4,3, nous avons ajouté les différents mélanges, en quantité égale, à divers échantillons d'un même collagène A. Cela fait, les tubes ont été légèrement agités puis conservés pendant 3 h à 18°. A ce moment, nous avons examiné leur contenu en notant s'il y avait eu, ou non, précipitation. En cas de résultat positif, l'importance du précipité a été estimée et ses principales caractéristiques étudiées.

C. Résultats. — 1° *Héparine + doses non précipitantes de* ClNa. — Précipitation (type héparine) normale en présence de 0,0213 M, faible en présence de 0,0427 M; pas de précipitation en présence de concentrations salines comprises entre 0,085 et 0,213 M.

2° *Héparine + dose précipitante de* ClNa (0,427 M). — Pas de précipitation.

3° *Héparine + doses non précipitantes de* SO_4Na_2. — Précipitation (type héparine) normale en présence de 0,0085 M, faible en présence de 0,0213 M; pas de précipitation en présence de 0,085 M.

4° *Héparine + doses précipitantes de* SO_4Na_2. — Pas de précipitation en présence de 0,213 M; précipitation (type sel) peu abondante en présence de 0,427 M.

5° *Héparine + doses non précipitantes de phosphate monosodique.* — Précipitation (type héparine) normale en présence de 0,0213 M, faible en présence de concentrations comprises entre 0,0427 et 0,085 M (le précipité alors obtenu est particulier en ce sens qu'il se contracte à 52° au lieu de 48° comme le précipité collagène-héparine normal). Pas de précipité pour une concentration de sel égale à 0,213 M.

6° *Héparine + dose précipitante de phosphate monosodique.* — Obtention d'un précipité très peu abondant et aussi particulier puisqu'il se contracte à 52°.

7° *A. Ch. S. + doses non précipitantes de* ClNa. — Précipitation (type A. Ch. S.) normale en présence de 0,085 M. Obtention d'un précipité abondant mais de caractères particuliers en présence de 0,213 M. Ce précipité est particulier parce qu'il ne se contracte pas à 48° comme un précipité collagène-A. Ch. S. normal et qu'il ne se dissout pas dans l'eau distillée comme un précipité collagène-ClNa normal; il se dissout à 56°.

8° *A. Ch. S. + dose précipitante de* ClNa (0,427 M). — Précipitation (type sel) normale.

9° *A. Ch. S. + doses non précipitantes de* SO_4Na_2. — Précipitation (type A. Ch. S.) normale en présence de 0,0427 M et de concentrations salines plus faibles. Obtention d'un précipité abondant mais de caractères particuliers en présence de 0,085 M. Ce précipité, particulier, parce qu'il ne se contracte pas à 48° et qu'il ne se dissout pas dans l'eau distillée, se dissout à 52°.

10° *A. Ch. S. + doses précipitantes de* SO_4Na_2. — Obtention d'un précipité peu abondant et de caractères particuliers (particuliers pour les mêmes raisons que celles données en 7° et 9°) en présence de 0,213 M. En présence de 0,427 M, précipitation (type sel) peu abondante.

11° *A. Ch. S. + doses non précipitantes de phosphate monosodique.* — Précipitation normale (type A. Ch. S.) pour 0,085 M. Précipitation peu abondante de type normal (type A. Ch. S.) pour 0,213 M.

12° *A. Ch. S. + dose précipitante de phosphate monosodique.* — Obtention d'un précipité très peu abondant et d'un type particulier : il est soluble à 56° (alors que le précipité normal collagène-A. Ch. S. se contracte à 48° et ne se dissout pas).

CONCLUSIONS. — En présence de sels ($ClNa$, SO_4Na_2, PO_4H_2Na), les combinaisons M. P.-collagène peuvent se faire, *in vitro*, normalement. Plus souvent, elles cessent de prendre place ou elles donnent naissance à des précipités d'un type nouveau; cela dépend de la nature du sel et de la concentration moléculaire à laquelle celui-ci a été utilisé. Pour troubler les combinaisons héparine-collagène, les doses de sels nécessaires sont, dans la règle, plus faibles (à partir de 0,05 M) que celles qui sont requises (à partir de 0,1 ou de 0,2 M) pour gêner les combinaisons A. Ch. S.-collagène. En présence d'héparine, $ClNa$ et SO_4Na_2 se montrent plus actifs que PO_4H_2Na. En présence de A. Ch. S., le sel qui agit le plus fortement est SO_4Na_2, et, le moins fortement, $ClNa$.

Les concentrations salines ici mises en jeu étant égales, ou même inférieures, aux concentrations physiologiques, on peut penser que des sels peuvent intervenir dans l'organisme pour modifier, le cas échéant, les combinaisons qui, normalement, doivent s'établir au sein de la trame conjonctive entre héparine et A. Ch. S., d'une part, et le collagène, de l'autre.

(1) S. BAZIN et A. DELAUNAY, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 834.

(2) S. BAZIN et A. DELAUNAY, *Semaine des Hôpitaux* (Pathologie et Biologie), 12, 1956, p. 335.

(3) A. DELAUNAY, S. BAZIN et M. HENON, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 286 et 907.

La séance est levée à 15 h 45 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1956.

(*suite et fin*).

Betonul precomprimat, par V. NICOLAU, A. FROIMESCU et M. WEINSENBERG. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Introducere in Electrodinamică. Vol. I. *Teoria macroscopica*, par VALER NOVACU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24 cm.

Introducere in Electrodinamică. Vol. II. *Teoriile microscopică și relativistă*, par VALER NOVACU. Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24,5 cm.

Aerodinamica suprafeţelor permeabile, par N. N. PATRAULEA. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Calculul proceselor de ardere et Anexe, par GEORGE BĂRĂNESCU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24 cm.

Pasarile din R. P. R. Vol. AL II-lea, par DIONISIE LINTIA. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

Cum s-a format Merinosul de Palas, par N. TEODOREANU. Bucuresti, Academiei Republicii Populare Romîne, 1955; 1 vol. 24 cm.

Nuclear Explosions and their effects, foreword by JAWAHARLAL NEHRU. Delhi, The publications Division, Ministry of information et Broadcasting Government of India, 1956; 1 vol. 24 cm.

Informations scientifiques. Ministère des affaires étrangères, Direction des Relations culturelles, 1956, n° 1; 1 fasc. 20 cm.

The Clouds of Magellan. A Gateway to the Sidereal Universe, par HARLOW SHAPLEY, in *American Scientist*, vol. 44, n° 1, 1956; 1 fasc. 23,5 cm.

Extraits de *National Academy of Sciences*. — 1955, vol. 41, n° 10, p. 685-690 : *Magellan clouds XV, on the tilt of the large cloud*, by VIRGINIA MC KIBBEN NAIL and HARLOW SHAPLEY. — 1955, vol. 41, n° 11, p. 824-828 : *Magellanic clouds XVI. Infrased stars and stellar evolution*, by HARLOW SHAPLEY. — 1955, vol. 41, n° 11, p. 829-836 : *Magellanic clouds XVII. Seven notes on the cepheid variables*, by HARLOW SHAPLEY and VIRGINIA MC KIBBEN NAIL. — 1955, vol. 41, n° 11, p. 837-842 : *Galactic and extragalactic studies XXIII. Opacity of the southern milky way dust clouds*, by HARLOW SHAPLEY and JACQUELINE SWEENEY; 4 fasc. 25,5 cm.

Manuels de calculs techniques. Vol. 2. *Résolution numérique des systèmes d'équations linéaires*, par LOUIS COUFFIGNAL. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 21 cm.

Monographies de Chimie Physique. Les Dislocations, par J. Friedel. Paris, Gauthier-Villars, 1956 ; 1 vol. 25 cm.

Les Maîtres de la pensée scientifique. Expériences sur la digestion de l'homme et des différentes espèces d'animaux, par Lazare Spallanzani. Traduit de l'italien par Jean Senebier. Reproduction en fac-similé de l'édition de 1787. Paris, Gauthier-Villars, 1956 ; 1 vol. 22,5 cm.

Über die Persistenz des Maul-und Klauenseuche Virus in der Leber und Milz des Rindes. Inaugural Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Veterinär-Medizinischen Fakultät der Universität Bern, vorgelegt von Julius Niggli. Separat-Abdruck aus dem « *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* ». Band 98. Heft 9, Jahrgang 1956. Zürich. 1956; 1 fasc. 24 cm.

Monografie Matematyczne. 1948, T. XX, *Topologie I, espaces métrisables, espaces complets.* 1952, T. XXI, *Topologie*, vol. 2, par Casimir Kuratowski. Deuxième édition. Warszawa, Wroclaw; 2 vol. 25,5 cm.

Extrait du *Boletim da Sociedade Broteriana.* Vol. XXX, 2e série, 1956 ; *Sur la position systématique de Rotala Brevistyla Bak. F.*, par Abilio Fernandes et M. A. Diniz. *Le genre Gravesia Naud au continent africain*, par Abilio Fernandes et Rosette Fernandes. Alcobaça, 1956; 2 fasc. 23,5 cm.

Alguns diplomas de Brotero, par Abilio Fernandes et Pe M. Póvoa dos Reis, in *Anuário da Sociedade Broteriana.* Ano XXII. Alcobaça, 1956; 1 fasc. 23,5 cm.

Physique de l'atmosphère. T. I. *Phénomènes d'émission dans l'atmosphère*, par Étienne Vassy. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 24 cm.

Cahiers scientifiques, fascicule XXIII. *Produits d'inversions et métrique conforme*, par René Lagrange. Paris, Gauthier-Villars, 1957; 1 vol. 24 cm.

Teoria Metabolica del desarolo del sexo (*El Sexo*, *Origen*, *diferenciación y evolución en la raza humana*), par Octavio Augusto Mejia-Ricart y Guzman, in *Publicaciones de la Universidad Santo Domingo*, série 11, vol. 103, n° 6, 1956; 1 fasc. 24 cm.

La constitution géologique et la structure des Antilles, par Jacques Butterlin. Préface de Louis Barrabe. Paris, Centre national de la recherche scientifique, 1956 ; 1 vol. 28 cm.

Académie des Sciences de l'U. R. S. S. Referaty Naoutchno-issledovatel' skikh rabot, za 1945 *G. Otdelenie fisiko-matematitcheskikh naouk.* Moscou, Leningrad, 1946; 1 fasc. 21,5 cm.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1956.

Encyclopédie mycologique. XXVI et XXVII, *Mildious*, *oidiums*, *caries*, *charbons*, *rouilles des plantes de France*, par Georges Viennot-Bourgin, texte et atlas. Préface du Dr Eugène Mayor. Paris, 1956; 2 vol. 28 cm. (Présenté par M. Roger Heim.)

Lexique technique. Français-Anglais, *Anglais-Français*, par Guy Malgorn. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 2 vol. 20,5 cm.

Museums and Collections in Poland 1945-1955, par Stanislaw Lorentz. Warsaw, 1956; 1 vol. 20 cm.

Polska Akademia Nauk. *Pisma Maksymiliana Tytusa Hubera*, par M. T. Huber.

Tome II, *Zagadnienia : wytężenia materialu, teorii sprężystości, teorii plyt i stateczności ustrojów sprężystych.* Warszawa, Państwowe wydawnictwo naukowe, 1956 ; 1 vol. 24,5 cm.

Congrès géologique international. Commission de stratigraphie. *Lexique stratigraphique international.* Vol. I, *Europe*, sous la direction de PIERRE PRUVOST ; fasc. 4, *France, Belgique, Pays-Bas, Luxembourg*, fasc. 4 à 5, *Jurassique S. str.*, sous la direction de M. DREYFUSS ; fasc. 9, *Hongrie-Ungarn*, sous la direction de E. VADÁSZ ; fasc. 11, *Italia-Italie*, par G. DAL PIAZ et L. TREVISAN ; fasc. 12*a*, *Yougoslavie*, par K. V. PETKOVIC ; fasc. 13*a*, *Roumanie*, sous la direction de G. MACOVEI ; Vol. VI, *Océanie*, sous la direction de JACQUES AVIAS ; fasc. 2, *Océanie proprement dite*, par J. AVIAS, D. A. DAVIS, S. HANZAWA, H. S. LADD, S. A. MACDONALD, J. M. OBELLIANNE. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique 1956 ; 6 fasc. 21,5 cm.

Carte de la végétation du Maroc, Institut scientifique chérifien. *Rabat-Casablanca*, par A. THÉRON et J. VINDT. Feuille publiée en 1955, sous la direction de HENRI GAUSSEN, à l'échelle du 1/200 000e ; pl. 74 cm × 102 cm.

Bibliothèques de l'Institut Pasteur. *Catalogue des Périodiques et des Congrès* avec le *Supplément*. Paris, 1951 et 1956 ; 2 fasc. 23 cm.

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. 134. *Les méthodes d'approximation variationnelles dans la théorie des collisions atomiques et dans la physique des piles nucléaires*, par THÉO KAHAN, GUY RIDEAU et PAUL ROUSSOPOULOS. Paris, Gauthier-Villars, 1956 ; 1 fasc. 25 cm.

Mémorial des sciences physiques. Fasc. 62. *Les filtres de fréquences*, par PAUL POINCELOT, Paris, Gauthier-Villars, 1956 ; 1 fasc. 25 cm.

Annales de l'Institut Henri Poincaré. Vol. XV. Fasc. 1. *Les inégalités de Minkowski dégénérées et leurs applications en calcul des probabilités*, par MAURICE FRÉCHET. *Tests de la normalité*, par R. C. GEARY. Paris, Institut Henri Poincaré, et Gauthier-Villars, 1956 ; 1 fasc. 27 cm.

Resultados generales referentes a la descripcion de un foton en un medio material, por A. BATTIG. Tucuman, Instituto de fisica y matematica, 1954 ; 1 fasc. 27 cm.

Analysis of deformation, by KEITH SWAINGER. Vol. III. *Fluidity*. London, Chapman and Hall Ltd, 1956 ; 1 vol. 22 cm.

Polska Akademia Nauk. *Odrodzenie W Polsce. Historia Nauki*, par BOGDANE SUCHODOLSKIEGO. Vol. I et II. Panstwowy Institut Wydawniczy, 1956 ; 2 vol. 24,5 cm.

Les prix Nobel en 1955. Stockholm, Imprimerie Royale P. A. Norstedt et Söner, 1956 ; 1 vol. 24 cm.

Sur les suites de Pell, par VICTOR THÉBAULT, in *Mathesis*. T. LXV, n°s 7-8-9. Paris, Gauthier-Villars, 1956 ; 1 vol. 25 cm.

L'Instinct sexuel, étude de psychologie animale, par LOUIS BOUNOURE. Paris, Presses universitaires de France, 1956 ; 1 vol. 19 cm.

A Ciba Foundation Symposium on Ionizing radiations and cell metabolism with 48 illustrations, by G. E. W. WOLSTENHOLME and CECILIA M. O' CONNOR. London, J. and A. Churchill, 1956 ; 1 vol. 21 cm.

Studies on the Dermal Connective Tissue Barrier, by LENNART JUHLIN. Thèse, Faculté de Médecine d'Uppsala, 1956 ; 1 fasc 23 cm.

Stereochemical Studies in the α-Aryl Carboxylic Acid Series with Special Reference

to Phenyl and 2-Thienyl Substituted Compounds, inaugural dissertation by KURT PETTERSON, with 10 figures, in *Archiv för Kemi Utgivet av Kungl-Svenska Vetenskapsakademien*, Band 10, nr 20. Thèse, Faculté de Mathématiques et des Sciences Naturelles d'Uppsala, 1955; 1 fasc. 24 cm.

Territoire du Cameroun, *Carte géologique de reconnaissance* à l'échelle du 1/500 000e. Levées effectuées de 1950 à 1953. *Notice explicative sur la feuille Yaoundé-Est*, par G. CHAMPETIER DE RIBES et M. AUBAGNE. Paris, 1956; 1 fasc. 24 cm et 1 carte 57 × 64 cm.

Journal de Mathématiques pures et appliquées. Neuvième série publiée par HENRI VILLAT. T. XXXV, volume offert en hommage à M. ARNAUD DENJOY, fasc. 4, octobre à décembre 1956. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 fasc. 27 cm.

Československá Akademie Věd, Sekce mathematicko-fysikálni, Atlas Cœli 1950.0, par ANTONIN BEČVÁŘ. Praha, 1956; 1 vol. 42 cm × 58,5 cm.

Cours de Chimie. II. *Métaux*, par HENRI PARISELLE. Paris, Masson et Cie, 1956; 1 vol. 24 cm. (Présenté par M. Georges Chaudron.)

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. Léon BINET,

Vice-Président de l'Académie.

M. **Léon Binet** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

C'est notre distingué Président, M. le Duc de Gramont, qui, suivant la tradition, aurait dû prendre la parole aujourd'hui. Une indisposition passagère l'en a empêché et m'amène à le suppléer. Je suis certain d'être votre interprête en lui adressant, dès l'ouverture de cette séance, nos vœux confraternels de prompt rétablissement.

Les *Comptes rendus*, dont notre Compagnie est justement fière, constituent une publication hebdomadaire, d'une exceptionnelle utilité; on en découvre la couverture rose dans les Centres de recherches du monde entier et, de l'avis de tous, ils méritent d'être considérés comme la Revue de la Science en marche. Mais nos *Comptes rendus* ne négligent pas le souvenir et l'on y trouve, consacrées aux savants qui nous ont quittés, des pages émouvantes, des notices minutieuses qui sont lues, écoutées, méditées durant nos séances hebdomadaires.

Une même tradition veut qu'au cours de la Séance annuelle des prix, nos morts nous retiennent d'abord, ... et nous ne voulons troubler leur repos qu'en vue de leur affirmer la fidélité de notre gratitude, pour l'exemple qu'ils ont su nous donner.

Depuis un an, notre Compagnie a eu la douleur d'enregistrer la mort de cinq Correspondants, d'un Associé étranger et de six Membres titulaires.

Parmi les Correspondants de l'Académie, il nous faut rapporter succinctement les noms suivants :

Hermann Weyl pour la Section de Géométrie. Il fut un de ces savants qui quitta sa patrie d'origine pour échapper à un régime nouveau et il fut avec Einstein du groupe initial des professeurs placés à la tête de l'Institut

des Hautes Études de Princeton. Mathématicien et physicien, il écrivit de nombreux Ouvrages dont son livre fondamental *Espace, temps et matière*, et *Les groupes classiques, leurs invariants et leur représentation.*

Frédéric Riesz, également Correspondant pour la Section de Géométrie, était hongrois. Ses leçons d'Analyse fonctionnelle font autorité et notre Université parisienne avait la joie de le compter parmi ses Docteurs *honoris causa.* Il est mort à Budapest et l'on ne saurait aujourd'hui évoquer cette capitale sans s'incliner avec compassion devant ceux qui y souffrent atrocement pour la défense de la Liberté.

Sir **Edmund Whittaker** appartenait lui aussi à la Section de Géométrie. Membre de l'Université d'Edimbourg, il ne fut pas seulement un gentleman d'une courtoisie jamais en défaut : il fut encore et surtout un éminent savant, auteur de nombreux ouvrages consacrés surtout à la Mécanique générale classique. Il fait partie des distingués représentants de cette Philosophie naturelle chère à nos collègues britanniques.

Elmer Drew Merrill des États-Unis d'Amérique, éminent botaniste, s'adonna avec un complet succès à l'étude des flores d'Extrême-Orient; il aima notre Muséum d'Histoire naturelle et ne cessa de s'intéresser directement à ses collections.

Enfin **Léon Bérard** de Lyon, fut un chirurgien remarquable et aimé. Ses travaux sur le goitre, sur le traitement opératoire de la tuberculose pulmonaire et surtout sur le cancer, font justement autorité. Les médecins et chirurgiens parisiens n'ont pas manqué de dire aux médecins et chirurgiens lyonnais, combien ils pleurent avec eux cet admirable chef d'école, ce grand chirurgien, cet homme de cœur.

Dans les rangs de nos Membres associés étrangers, nous avons à déplorer le décès de M. **Walter Sydney Adams**, des États-Unis d'Amérique. Il contribua avec efficacité au développement prodigieux de cette science passionnante qu'est l'Astronomie; il étudia la vitesse de rotation du Soleil et le spectre des taches. Ses travaux sur la spectroscopie stellaire sont bien connus et que de données nouvelles il nous a apportées, grâce à ses explorations, sur les étoiles, lointaines ou proches, géantes ou naines ! Il se montra enfin, au titre de directeur d'Observatoire, un guide judicieux, sachant coordonner les divers travaux qui se poursuivent dans un tel centre scientifique.

Que dire maintenant, Messieurs, de nos Membres titulaires, que nous avons parfaitement connus, profondément aimés... et que nous ne cesserons d'admirer ?

Émile Borel (1871-1956) fut une des gloires, et de l'École Normale Supérieure, où il enseigna au titre de Maître de Conférences, et de la Sorbonne où il fut d'abord professeur de Théorie des fonctions, et ensuite titulaire de la Chaire de Calcul des probabilités et Physique mathématique.

Savant, il étudia la théorie des fonctions, les séries divergentes, éclaira le théorème de Picard et aborda la théorie des probabilités, la théorie des jeux.

Enseigneur, il fut scrupuleux, animé et dirigea la publication de belles collections scientifiques : *Collection de monographies sur la théorie des fonctions* et *Traité de calcul des probabilités et de ses applications*.

Écrivain, il nous donna *Les paradoxes de l'Infini, le Hasard, L'Espace et le temps, Les probabilités de la vie, Le jeu, la chance et les théories scientifiques modernes*.

Organisateur, il travailla avec Jean Perrin à la création d'un organisme de recherches, qui devint plus tard le Centre National de la Recherche Scientifique; il créa de plus cet admirable Institut Henri Poincaré qui est devenu un séminaire international de mathématiques et de physique théorique.

Patriote, après avoir commandé au front pendant la guerre de 1914 une section de repérage par le son, il fut l'organisateur au Ministère de la Guerre, du Service des Inventions intéressant la Défense Nationale et plus tard, en 1941, sous l'occupation allemande, n'hésitant pas à résister énergiquement à l'ennemi envahisseur, il sut supporter avec courage un emprisonnement pénible.

Politicien, il fut député, puis ministre.

J'ai eu l'honneur, au Conseil de l'Ordre National de la Légion d'honneur, d'écouter, comme d'autres ici, les rapports d'Émile Borel. Tous, nous admirions en lui le chercheur, le savant, le patriote, l'ami des pouvoirs publics mais aussi le défenseur des lettres, des lettres qu'il connaissait bien, grâce aux inspirations qu'il tenait d'une compagne éminente.

Puis-je reprendre ici la belle conclusion que nous tenons de l'un des nôtres ? « La pensée d'Émile Borel continuera longtemps à exercer son influence sur la recherche, comme la lumière de ces astres éteints qui continue à se propager dans l'espace ».

Jean Tilho (1875-1956) était un ancien élève de l'École Militaire de Saint-Cyr d'où il sortit comme sous-lieutenant d'infanterie de marine;

il fut un modèle d'explorateur scientifique, aimant, étudiant, analysant les terres inconnues à l'aide de l'Astronomie, de la Climatologie et de la Géologie. Du territoire du Niger il traça des cartes nombreuses; du lac Tchad il effectua une étude topographique précise; du Pays bas du Tchad il dénombra les caractères et s'attacha à détruire la notion d'une ancienne communication fluviale entre les bassins du Tchad et du Nil.

Il y aurait lieu aussi de rappeler les beaux services que rendit notre confrère pour la pacification de régions désertiques, puis durant la guerre 1914-1918 sur le front français dans un régiment d'infanterie coloniale, plus tard en Chine au titre de commandant du corps français.

Mais ce que nous voulons surtout retenir, c'est la haute valeur scientifique du Général Tilho, explorateur passionné qui a si bien travaillé à la grandeur de son pays, tout en s'attachant aux indigènes dont il étudiait la langue, au point de pouvoir même rédiger un dictionnaire local.

De ce distingué et éminent Général, gardons cette belle image : l'image d'un grand Français qui mit sa science, sa conscience et son courage au service de sa Patrie.

Auguste Chevalier (1873-1956) est né au sein de la nature normande, « y grandissant comme une herbe sauvage », courant la campagne et attaché au sol natal par ses prairies herbeuses et ses bois. Un tel milieu où le règne végétal s'épanouit si intensément, était bien fait pour marquer le cerveau de cet enfant qui, plus tard, devait faire honneur au Muséum d'Histoire naturelle ainsi qu'à notre Compagnie.

Après une première mission au Soudan français, Chevalier effectua, sans relâches, des voyages au Sahara, dans les îles du Cap Vert, en Afrique du Nord, en Indochine, au Brésil, accomplissant de fréquents déplacements à pied, observant et recueillant des plantes, réalisant une œuvre considérable telle que ses seules publications constituent une très riche bibliothèque.

Dirai-je ici tout le plaisir et tout le profit que je tirais des propos qu'il me tenait lorsque souffrant il m'avait invité à lui rendre visite ?

Quelle était chaude alors sa parole quand il me décrivait une variété nouvelle d'Eucalyptus résistant à la gelée, trouvée à Cherbourg et dont les graines engendraient des arbres supportant le froid !

Qu'il était heureux de déceler l'utilité de ces plantes qu'il avait si bien étudiées en Afrique Noire et en particulier l'arbre à beurre ou Karité !

Qu'elle était belle sa plaidoirie pour le café ! Il racontait qu'après le traité d'Utrecht, le bourgmestre d'Amsterdam fit cadeau au roi de France d'un caféier vivant qui fut transporté au Jardin Royal des Fossés Saint-Victor, notre actuel Jardin des Plantes. Antoine de Jussieu le plaça dans une serre chauffée, puis le décrivit devant notre Académie des Sciences.

En 1943, alors que Paris manquait de café, notre éminent confrère, au cours d'une lecture à la séance annuelle des Cinq Académies, exprimait en ces termes le plaisir qu'on éprouve à prendre une tasse de bon café : « C'est le meilleur des stimulants pour les intellectuels comme pour les travailleurs de force » et il rappelait le jugement porté par d'Alembert : « Cette boisson semble égayer l'esprit, le rendre plus propre au travail, le recréer et en dissiper les ennuis ». Aujourd'hui, on sait bien que le café est une source d'inspiration, une source d'excitation, une source de réanimation.

Un jour, à Abidjan, le Gouverneur de la Côte-d'Ivoire évoquait devant moi et avec admiration les excursions et l'enseignement d'Auguste Chevalier et visitant les bananeraies de là-bas, il me rapportait les paroles de notre confrère : « vingt bananes peuvent couvrir les dépenses d'énergie d'un homme de 75 kg fournissant un travail physique moyen ».

Par son étendue et par sa portée, l'œuvre d'Auguste Chevalier résistera au temps.

André Mayer (1875-1956), assistant au Collège de France, puis Directeur-adjoint de laboratoire, Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine de Strasbourg, Professeur au Collège de France, Président du Comité interministériel français pour l'alimentation et l'agriculture, Vice-Président du Conseil et premier Président du Comité exécutif de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F. A. O.), André Mayer est pour les hommes de ma génération, celui qui sut — le mieux — nous donner l'exemple de la recherche physiologique.

Je le revois, dans son laboratoire du Collège, m'enseignant la constitution intérieure du gel protoplasmique et celle du maintien des équilibres cellulaires, avec ses beaux travaux sur les lipoïdes.

Je l'entends encore exposer ses opinions sur la physiologie du rein, le mouvement de l'eau dans l'organisme et énoncer ses conceptions devenues classiques sur la soif.

J'ai suivi ses belles expériences sur la thermorégulation qui l'a retenu si longtemps.

Il n'y avait pas de problèmes de physiologie sur lesquels il n'ait eu une notion originale, personnelle et claire.

On se souvient qu'au moment de l'occupation ce grand Français dut s'exiler. Il travailla au loin pour la Patrie meurtrie, il représenta la France Libre dans de nombreuses commissions, tandis que son fils Jean luttait avec courage pour notre libération.

N'avait-il pas déjà montré son attachement au pays durant les deux guerres 1914-1918 et 1939-1940, comme Membre de la Commission des Études chimiques de guerre ?

Qui, chez nous, peut oublier son admirable analyse de la suffocation, résultat de deux réflexes aboutissant à des réactions opposées : une réaction d'inhibition et une réaction d'excitation, se terminant par un état affreux d'appel respiratoire auquel l'organisme est empêché de répondre par ailleurs.

Organisateur, André Mayer a été un des fondateurs de notre Association des Physiologistes de Langue Française qui se préparait à fêter son 80e anniversaire. Celle-ci lui a dédicacé son livre de rapports, mais deux jours avant notre XXIVe réunion, André Mayer nous était enlevé. Les physiologistes pleurent la mort de ce chercheur ardent, de ce grand patriote, de cet entraîneur convaincu qui était notre chef de file.

René Leriche (1879-1955) laisse dans notre esprit un souvenir impérissable. C'est au cours de la guerre 1914-1918 que René Leriche se fit surtout connaître du monde médico-chirurgical français. Dans la région de Reims, avait été organisé un centre d'instruction « destiné à fixer les règles de la chirurgie de guerre, à créer une unité de doctrine, à suppléer à l'inexpérience de tous ceux qui n'avaient pas encore pris conscience de la dure réalité des champs de bataille »; René Leriche s'y fit remarquer par ses qualités de chirurgien et ses dons d'organisateur et d'enseigneur.

Plus tard à Strasbourg, titulaire d'une des chaires de clinique chirugicale, et à Lyon sa Faculté d'origine, il remporta un si complet succès qu'il fut appelé au Collège de France, pour occuper la Chaire de Charles Nicolle, l'ancienne chaire de Claude Bernard.

Je me demande si, face aux qualités de ce chirurgien, Claude Bernard aurait encore porté son jugement sur la Médecine et la Chirurgie [1] qui, pour lui « n'étaient ni un art, ni une science, mais une profession ».

En considérant l'œuvre de Leriche, un jugement tout opposé s'impose.

Parcourons les titres de quelques-uns de ses livres :

— *Bases de la Chirurgie physiologique. Essai sur la vie végétative des tissus.*

— *Leçons sur la position de la chirurgie en face de l'expérimentation.*

— *La chirurgie à l'ordre de la vie.*

— *La chirurgie à l'ordre de l'intelligence.*

— *Philosophie de la chirurgie.*

— *La chirurgie de la douleur.*

— *Physiologie et pathologie du tissu osseux.*

— *Physiologie pathologique et chirurgie des artères.*

---

(1) J'ai lu ce jugement dans ses notes personnelles.

— *Physiologie pathologique des maladies de la vaso-motricité et leur traitement.*

— *Physiologie pathologique des maladies de la thrombose artérielle et leur traitement.*

Leriche fut un homme d'action et un homme de réflexion qui sut faire souffler sur les centres chirurgicaux un « vent physiologique »; il s'attacha plus à la fonction qu'à la lésion et il a bien mérité le nom de Chirurgien du sympathique ou mieux encore celui de Chirurgien de la douleur.

Ambassadeur de la Chirurgie française, il enseigna dans tous les pays et il présida avec une inoubliable autorité notre belle Société de Biologie. Aussi je n'hésite pas, pour conclure, à rapporter aujourd'hui la fin de cet éloge écrit par notre ami Henri Mondor dans le livre qu'il a consacré au Confrère que nous célébrons : « Leriche a été l'une des toutes premières figures de l'histoire de la Chirurgie. Comme il l'a dit lui-même, avec une modestie et un frémissement que je tiens à recueillir ici, son dessein essentiel fut « de poser des problèmes, de faire réfléchir, d'inviter à la recherche ceux qui aiment à observer et qu'émeut, dans leur esprit et dans leur chair, la fréquentation quotidienne de la douleur humaine. Au-delà de cette réussite, si admirablement atteinte, combien d'acquisitions définitives laisseront toujours voir sa griffe et témoigneront pour notre temps ! »

Henri Devaux (1862-1956), membre non résidant de l'Académie des Sciences, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Bordeaux, Henri Devaux nous a quittés à l'âge de 93 ans.

Chacun sait la portée des travaux qu'il a effectués dans le domaine de la Phytophysiologie et le retentissement de la thèse de sciences qu'il soutint en Sorbonne sur le *Mécanisme des échanges gazeux chez les plantes aquatiques submergées.*

De ce chercheur, nous retiendrons les publications relatives au mouvement des gaz chez les végétaux, au mécanisme des échanges gazeux chez les plantes submergées, ses recherches sur le déplacement des gaz dans les tissus massifs de certaines espèces. On connaît la qualité de ses expériences concernant les plantes croissant dans l'eau ayant circulé à l'intérieur de conduites en plomb ou encore celles ayant trait aux actions du vent, de la pesanteur et de l'humidité sur la croissance des végétaux, ses observations sur la flore des hautes montagnes et sur les sécrétions oléorésineuses du Pin maritime.

Les découvertes se font sur les frontières des sciences et, à ce point de vue, notre Confrère n'a pas hésité à faire œuvre de physicien. Ne lui doit-on pas de belles communications sur les couches minces superficielles, mani-

festation de la réalité des atomes, et, dans l'étude du problème des lames minces, la propriété qu'il a appelée la mouillabilité ?

Mais peut-être Henri Devaux doit-il encore susciter notre admiration pour deux autres raisons.

Reprenant l'opinion des Confrères qui ont rédigé, pour nous, sa notice nécrologique, nous dirons que la simplicité de ses moyens nous étonne encore ! « Tout un chapitre de la Physiologie moléculaire a été créé avec des cuvettes photographiques, quelques gouttes d'huile, des feuilles de papier et de la poudre de talc ».

Et puis Henri Devaux était le doyen d'âge de notre Compagnie et à ce titre il va nous inviter à reprendre, tout de suite devant vous, le problème captivant de la longévité humaine dans l'époque contemporaine.

En terminant cet hommage à nos Grands Disparus, permettez-moi de rapporter cette réflexion du philosophe français qui s'adresse parfaitement à Eux : « Les vivants sont toujours, et de plus en plus, gouvernés par les morts ».

* * *

En exposant l'œuvre de nos Confrères disparus, nous avons tenu à rappeler qu'Henri Devaux était le doyen d'âge de notre Compagnie; de plus il nous faut signaler que nos Membres titulaires nous ont quittés alors qu'ils avaient atteint 76, 81, 83 et 85 ans. Comment pourrais-je oublier que jadis, ici, mon maître Charles Richet, plus récemment notre illustre Confrère Maurice Caullery exposaient, le premier : *Quelques statistiques sur la mortalité et l'âge d'élection des Membres de l'Académie*, le second : *La variation de l'âge académique moyen au cours du dernier demi-siècle.*

Aujourd'hui, pourquoi, n'aborderions-nous pas le captivant problème de la longévité humaine ? Notre service administratif, dont nous savons le dévouement, a bien voulu, pour nous, établir les quatre moyennes d'âge suivantes des Membres de l'Académie :

1er janvier 1806 : 64 membres, âge moyen 59,1;
1er janvier 1856 : 71 membres, âge moyen 60;
1er janvier 1906 : 78 membres, âge moyen 63,2;
1er janvier 1956 : 91 membres, âge moyen 72,2.

Je rappellerai seulement le dialogue philosophique de Cicéron, intitulé *Caton l'Ancien ou de la vieillesse*, et l'Ouvrage de Flourens *De la longévité humaine et de la qualité de vie sur le globe*.

Par contre, peut-être me permettrez-vous mes chers Confrères, de

reprendre une communication que j'ai eu l'honneur de vous faire il y a trois ans, avec Albert Besson et consacrée à la longévité des Parisiens au cours du dernier demi-siècle. Deux points sont à retenir, croyons-nous. D'une part, l'âge moyen de la mort à Paris est passé de 40 ans en 1900 à 57 ans en 1950, ce qui représente en cinquante ans, un gain d'existence moyen de 17 années. D'autre part, en 1900, à Paris, on comptait pour 20 000 décès annuels, 947 sujets ayant 80 ans et plus. En 1950, pour 20 000 décès annuels, on comptait 2957 parisiens ayant 80 ans et plus.

Ainsi, arrivons-nous à cette conclusion fondamentale : « Nous vivons plus vieux que nos pères, nous vivrons de plus en plus longtemps ».

De tels chiffres doivent, ne le pensez-vous pas, nous conduire à déterminer, la valeur du sénescent, en le faisant avec sincérité, en raison des conclusions économiques, biologiques, thérapeutiques que pose un aussi délicat problème.

On parle souvent du pôle initial de la vie. Pourquoi ne pas envisager aussi son pôle extrême ?

Je pense que plus de quinze années d'explorations réalisées par mes assistants et par moi-même m'autorisent à aborder cette étude qualitative du sujet âgé.

Nous ne dirons rien des *fonctions de reproduction* chez les personnes qui ne sont plus jeunes : permettez-moi cependant de dire que dans notre cité parisienne, on a enregistré en 1944, 1945, 1948, un enfant né d'un père ayant 60 ans et plus et d'une mère ayant 50 ans et plus. En 1949, on a enregistré deux naissances dans ces conditions (un garçon et une fille), et malgré moi, reviennent à ma mémoire, ces vers de mon maître Richet « devenu vieux entre les vieux », écrivant cependant dans ses *Ténèbres de l'Heure :*

> Oui, j'aime encore la mer, les forêts, les printemps,
> Les sourires de femmes et les senteurs de roses.

Les fonctions de *nutrition* sont diversement altérées avec l'âge. Que de travaux relatifs au cœur sénile, aux artères séniles, au foie sénile, au rein sénile et dont les observations sont indiscutables ! Mais à côté du vieillard malade, n'y a-t-il pas des sujets âgés dont la nutrition n'est pas touchée ? On peut, certes, déceler chez eux, une altération du tissu conjonctif : il est facile d'observer des altérations de la peau, le blanchiment des cheveux, la fragilité des ongles. Certes on peut découvrir des modifications cardio-artérielles, avec tendance à l'artériosclérose, incitant à établir un régime alimentaire dans lequel les matières grasses devront être limitées. On peut mettre en évidence des altérations dans le métabolisme du soufre, appelant alors un apport supplémentaire de ce corps.

Mais il nous faut surtout insister à un moment précis de la vie, sur une perturbation du bilan azoté. Le taux de l'azote fécal et de l'azote urinaire est à un niveau supérieur au taux de l'azote alimentaire, d'où la nécessité dans le régime du sénescent, de faire une place suffisante aux matières albuminoïdes, et si besoin est, d'administrer les hormones qui favorisent la fixation de l'azote par l'organisme.

Enfin nous tenons à décrire une perturbation respiratoire dont la dyspnée à l'effort est la preuve; soulignons en particulier une chute des échanges respiratoires (diminution du Métabolisme de Base et diminution de la Dépense de Fond). Nos déterminations faites à l'Hôpital Necker sont probantes : au lieu de 38 calories, on peut noter chez un homme de 76 ans un métabolisme de 26 calories et chez un homme de 93 ans, celui de 23 calories. Chez une femme de 94 ans au lieu de 36 calories on a un métabolisme de 24,5.

Tout se passe comme si, avec l'âge, la flamme de la vie diminuait; ne doit-on pas chercher à relever cette flamme par l'hormonothérapie et la chimiothérapie ?

Indiscutablement, l'âge atteint les *fonctions de relation* et l'on note, dans la sénescence, une fragilité osseuse, de l'atrophie musculaire, une fatigabilité générale et une diminution de l'acuité des organes des sens. Reste à préciser l'état fonctionnel du cerveau. Certes il est classique de décrire un cerveau avec athérome, un cerveau sénile atrophique et, remarque récente, un cerveau avec œdème. Certes on reconnaît, chez des sujets âgés, d'inévitables perturbations intellectuelles; altération de la mémoire, modifications du caractère; mais ce que nous savons bien aussi, c'est cette certitude qu'on appelle couramment « l'intelligence des vieux ». Dans la salle des pas perdus de notre Académie Nationale de Médecine, notre collègue Guéniot, mort à 102 ans, ne répétait-il pas volontiers ? « Vous verrez comme à 80 ans vous deviendrez intelligent ». De plus, n'oublions pas cette phrase de Léonard de Vinci : « La science rajeunit l'âme ».

Tel est l'état de l'homme au pôle avancé de l'existence; sa valeur est grande encore car, pour conduire un navire, « il n'est pas nécessaire de monter sur les mâts ». Les services qu'il peut rendre sont indiscutés et indiscutables, services à la Science, à la Nation, à la Collectivité.

Avec Bernardin de Saint-Pierre, peut-on poser le problème « de jeter l'ancre dans le fleuve de la vie » pour freiner la marche des vivants ? On dit la vieillesse irréversible. Est-ce bien vrai ? La thérapeutique par les hormones, par les extraits embryonnaires, par l'iode et le soufre, par les corps phosphorés, par les vitamines, une bonne et sérieuse hygiène, sans oublier les bienfaits d'une alimentation équilibrée, la valeur de la balnéothérapie et des cures hydroclimatiques, une *occupation adéquate*, sans retraite totale du cerveau... constituent un programme, capable je crois d'ajouter

de la vie aux années et des années à la vie, et si vous le voulez bien, pour conclure, nous reprendrons le vers du poète :

« Car le jeune homme est beau, mais le vieillard est grand ».

Mes chers Confrères,

En écoutant la lecture de la liste des prix et subventions attribués en 1956, vous serez certainement frappés par l'augmentation substantielle des sommes distribuées. Il m'est bien agréable de vous rappeler que c'est à l'initiative de M. Charles Viatte, Député du Jura, alors Président de la Commission de l'Éducation Nationale à l'Assemblée Nationale, que nous devons, depuis un an, la subvention qui nous a permis cette revalorisation. Au nom de l'Académie, je lui renouvelle aujourd'hui l'expression de notre reconnaissance.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques et physiques pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1956.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès, R. Garnier, G. Darmois, M. Fréchet.

PRIX CARRIÈRE (110.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gustave Choquet**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur la Théorie des fonctions de variables réelles ou appartenant aux espaces métriques, et sur la capacité des ensembles. *Rapporteur :* M. A. Denjoy.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, P. Montel, J. Pérès, H. Beghin, M. Roy, J. Leray.

PRIX MONTYON (250.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henry Le Boiteux**, professeur à l'École supérieure de physique et de chimie de Paris, pour son Traité de photoélasticimétrie et ses travaux sur la mécanique des solides visqueux et plastiques. *Rapporteur :* M. M. Roy.

PRIX HENRI DE PARVILLE (200.000fr). — Le prix est décerné à Mme **Paul Dubreil**, née **Marie-Louise Jacotin**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses récents travaux sur la mécanique des fluides et sur les transformations de Reynolds. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, P. Montel, J. Cabannes, A. Danjon, J. Baillaud, A. Couder, G. Darmois.

PRIX ARAGO (100.000fr). — Le prix est décerné à M. **Lucien d'Azambuja**, astronome titulaire, et Mme **Lucien d'Azambuja**, née **Marguerite Roumens**, astronome à l'Observatoire de Meudon, pour leurs travaux sur le Soleil. *Rapporteur :* M. G. Fayet.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers, H. Humbert, P. Tardi.

PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **René Papy**, inspecteur d'Académie, pour son ouvrage de phytogéographie intitulé : *Tahiti et les Iles voisines*. *Rapporteur :* M. H. Humbert.

PRIX BINOUX (200.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Onde**, professeur aux Facultés d'Aix-Marseille et de Lausanne, pour ses travaux de géographie physique. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

NAVIGATION.

ommissaires : MM. M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy, J. Leray, L. Escande, P. Tardi.

PRIX PLUMEY (400.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Josef Szydlowski**, ingénieur, pour ses avaux et ses réalisations en matière de turbines de propulsion aérienne. *Rapporteur :* M. M. Roy.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, E. Darmois, F. Perrin.

PRIX LA CAZE (300.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **André Blanc-Lapierre**, professeur à la aculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de son œuvre scientifique, et particulièrement pour ses avaux sur la théorie de l'information. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX HUGHES (170.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Maurice Ponte**, directeur général de la ompagnie générale de Télégraphie sans fil, pour l'ensemble de ses travaux électroniques et en radio-ectricité. *Rapporteur :* M. E. Darmois.

PRIX DU GÉNÉRAL FERRIÉ (80.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **André Leblond**, ingénieur 1 Laboratoire de la Compagnie générale de Télégraphie sans fil, pour ses travaux sur les semi-conducteurs. *apporteur :* M. C. Gutton.

PRIX ROCHAT-JULIARD (80.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Pierre Mesnage**, directeur de Institut de Chronométrie de Besançon, pour l'ensemble de ses travaux. *Rapporteur :* M. E. Darmois.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, P. Lebeau, J. Duclaux, A. Portevin, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse, G. Chaudron.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (250.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Pierre acquet**, ingénieur contractuel des constructions et armes navales, pour sa découverte du procédé de olissage électrolytique des métaux et pour les conséquences pratiques de cette technique. *Rapporteur :* I. G. Chaudron.

PRIX LA CAZE (300.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Henri Guérin**, professeur de chimie idustrielle à la Faculté des sciences de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux sur les arséniates alcalino-erreux. *Rapporteur :* M. L. Hackspill.

FONDATION CAHOURS (80.000^{fr}). — Un prix est décerné à M. **Adolphe Pacault**, professeur à la aculté des sciences de Bordeaux, pour l'ensemble de ses travaux de chimie et de physico-chimie. *Rap-orteur :* M. P. Pascal.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est attribuée à M. **Pierre Jacquet**, lauréat du prix Iontyon des arts insalubres. *Rapporteur :* M. G. Chaudron.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (800.000^{fr}). — Le prix est décerné à M. **Henry Gault**, directeur du entre d'études et de recherches de chimie organique appliquée du Centre national de la recherche cientifique à Bellevue, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, A. Chevalier, F. Grandjean, R. Courrier, P. Fallot, P. Pruvost, R. Perrin, J. Piveteau.

PRIX DEMOLOMBE (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Michel Durand Delga**, chef de travaux à l'Institut national agronomique, pour son ouvrage intitulé : *Étude géologique de l'Ouest de la Chaîne numidique*. *Rapporteur :* M. P. Fallot.

PRIX CARRIÈRE (110.000fr). — Le prix est décerné à M. **Félix Bertaut**, directeur de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour l'ensemble de ses travaux de radiocristallographie. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

FONDS DES JEUNES GÉOLOGUES (42.000fr). — Les arrérages de la fondation sont attribués à M. **Bernard Biju-Duval**, étudiant en géologie, pour lui permettre d'effectuer des levers détaillés au 1/20 000e sur la partie méridionale de la feuille Puget-Théniers au 1/50 000e. *Rapporteur :* M. P. Fallot.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, A. Chevalier, A. Pérard, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes, P. Lejay, D. Cot.

PRIX VICTOR RAULIN (90.000fr). — Le prix est décerné à M. **Bernard Decaux**, ingénieur en chef des Télécommunications, pour ses travaux sur les mesures de fréquence. *Rapporteur :* M. P. Lejay.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert, Ph. Guinier.

PRIX DESMAZIÈRES (110.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jules Favre**, conservateur honoraire de géologie et paléontologie du Muséum d'histoire naturelle de Genève, pour l'ensemble de son œuvre mycologique et particulièrement de ses mémoires sur la flore mycologique des hautes régions alpines. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX FOULON (140.000fr). — Le prix est décerné à M. **Albert Lemée**, inspecteur général honoraire de la France d'Outre-Mer, pour l'ensemble de son œuvre de taxinomie des végétaux supérieurs, Dictionnaire des genres, Flore de Guyane, etc. *Rapporteur :* M. H. Humbert.

ZOOLOGIE.

Commissaires MM. M. Caullery, P. Portier, Ém. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, Ch. Champy.

PRIX FOULON (140.000fr). — Le prix est décerné à M. le professeur **Georges Senevet**, entomologiste du Service antipaludique au Gouvernement général de l'Algérie, et M. **Louis Andarelli**, médecin chef de ce Service, pour leur ouvrage sur *Les anophèles de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen*. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, R. Courrier, A. Mayer, M. Lemoigne, Ph. Guinier, R. Dujarric de la Rivière, R. Fabre, C. Bressou.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (150.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul** **oudy**, inspecteur général honoraire des Eaux et forêts, pour ses travaux d'économie forestière. *Rapporteur :* M. Ph. Guinier.

PRIX FOULON (140.000fr). — Le prix est décerné à M. **Guy Viel**, maître de recherches à l'Institut ational de la recherche agronomique, pour ses travaux de phytopharmacie. *Rapporteur :* M. R. Fabre.

PRIX DE Mme ALBERT DEMOLON (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Philippe Duchaufour**, ngénieur principal des Eaux et forêts, pour ses recherches de pédologie. *Rapporteur :* M. Ph. Guinier.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, J. Tréfouël, A. Lacassagne, G. Guillain, L. Bazy, Ch. Champy, F. de Gaudart d'Allaines.

PRIX MONTYON (500.000fr). — Le prix est décerné à M. **Alfred Quinquaud**, professeur à l'École e médecine de Reims, pour l'ensemble de ses travaux de physiologie expérimentale. *Rapporteur :* I. L. Binet.

PRIX BRÉANT — Un prix de 350.000fr est décerné à M. **Ivan Bertrand**, docteur en médecine, our l'ensemble de ses travaux sur l'anatomie pathologique générale du système nerveux. *Rapporteur :* I. G. Guillain.

PRIX ARGUT (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Soulié**, médecin des hôpitaux de Paris, our l'ensemble de ses travaux sur la cardiologie. *Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

FONDATION LANNELONGUE (120.000fr). — Un prix est décerné à Mme Veuve **René Cachera**, ée **Édith Magrah**, docteur en médecine, pour sa thèse sur l'Érysipèle chez l'enfant du premier âge. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET (200.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Gaston Cordier** t **Christian Cabrol**, professeurs à la Faculté de médecine de Paris, pour leurs travaux sur les pédicules egmentaires du poumon. *Rapporteur :* M. L. Bazy.

FONDATION DU DOCTEUR ET DE Mme PEYRÉ (80.000fr). — Un prix est décerné à M. **Pierre** **ïallet**, docteur en médecine à Alger, pour les progrès techniques qu'il a apportés dans le domaine de la adiologie du système vasculaire. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne, G. Guillain, L. Bazy.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (180.000fr). — Un prix est décerné à M. **Bernard Halpern**, hef de laboratoire à la Faculté de médecine de Paris, pour ses recherches sur l'allergie. *Rapporteur :* I. L. Binet.

PRIX HENRIETTE REGNIER (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Mathey**, chirurgien des ôpitaux, pour ses travaux concernant le traitement chirurgical de la tuberculose pulmonaire. *Rapporteur :* M. L. Bazy.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, P. Portier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, A. Lacassagne, G. Guillain.

PRIX MONTYON (250.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Kayser**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux sur l'hibernation. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX MARTIN-DAMOURETTE (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean-Louis Parrot**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur l'anaphylaxie. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX FANNY EMDEN (80.000fr). — Le prix est décerné à M. **Rémy Chauvin**, directeur du Laboratoire de recherches apicoles de Bures-sur-Yvette, pour ses travaux sur l'effet de groupe chez les Acridiens. *Rapporteur :* M. P.-P. Grassé.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, G. Darrieus, H. Parodi, R. Perrin.

PRIX THEURLOT (200.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Gondet**, directeur général des Laboratoires de Bellevue du Centre national de la recherche scientifique, pour son œuvre de constructeur d'instruments de précision. *Rapporteur :* M. P. Chevenard.

PRIX HENRY LE CHATELIER (110.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Cabarat**, chef du Service d'acoustique du Laboratoire d'essais du Conservatoire national des arts et métiers, pour ses travaux de mesure dynamique des constantes d'élasticité. *Rapporteur :* M. A. Portevin.

PRIX DU CALCUL MÉCANIQUE (100.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Samain**, docteur en médecine, attaché au Centre de documentation du Centre national de la recherche scientifique, pour ses études sur les machines pour faciliter la recherche bibliographique. *Rapporteur :* M. P. Chevenard.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. L. Blaringhem, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Denjoy, R. Courrier, G. Darmois.

PRIX MONTYON (250.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Pierre Massé**, directeur-adjoint et **Georges Morlat**, ingénieur à l'Électricité de France, pour leurs travaux d'hydrologie statistique. *Rapporteur :* M. G. Darmois.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, É.-G. Barrillon, M. Caullery, A. Pérard.

PRIX HENRI DE PARVILLE (160.000fr). — Le prix est décerné à M. **René-Marcel de Ribet**, professeur à la Faculté mixte de médecine et de pharmacie d'Alger, pour son ouvrage intitulé : *Le système nerveux de la vie végétative*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : Grand prix des sciences mathématiques et physiques (500.000^{fr}). – Commissaires : MM. A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, .. Pérard, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **Charles Pisot**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses -avaux en théorie des nombres. *Rapporteur :* M. P. Montel.

PRIX BORDIN (250.000^{fr}). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, . de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Portevin.

Le prix est décerné à feu **Alexandre Proca**, directeur de recherches au Centre national de la echerche scientifique, pour l'ensemble de ses travaux de physique théorique. *Rapporteur :* M. L. de roglie.

PRIX VAILLANT (175.000^{fr}). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, . de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard.

Le prix est décerné à feu **Félix Esclangon**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ensemble de ses travaux d'électrotechnique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX PETIT D'ORMOY (700.000^{fr}). — Commissaires : MM. M. Caullery, A. Chevalier, Ém. Rouaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, Ch. Champy, Ph. Guinier.

Le prix est décerné à M. **André Lwoff**, chef de service à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses avaux sur la physiologie des protistes. *Rapporteur :* M. Ém. Roubaud.

PRIX JEAN REYNAUD (100.000^{fr}). — Commissaires : MM. M. Delépine, A. Chevalier, L. Binet, . Portevin, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, P.-P. Grassé.

Le prix est décerné à M. **Jehan Vellard**, professeur à l'Institut français d'études andines, pour ensemble de ses travaux sur les animaux venimeux, en particulier sur les araignées. *Rapporteur :* . R. Heim.

PRIX SAINTOUR (100.000^{fr}). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, J. Cabannes.

Le prix est décerné à M. **Georges Van Biesbroeck**, ancien astronome à l'Observatoire Yerkes, pour ensemble de ses travaux d'astronomie (étoiles doubles, comètes, etc...). *Rapporteur :* M. A. Danjon.

PRIX HENRY WILDE (225.000^{fr}). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, A. de Gra-ont, L. de Broglie, G. Fayet, É.-G. Barrillon, A. Portevin, R. Courrier, J. Cabannes.

Le prix est décerné à Mlle **Anne Faure-Muret**, géologue principale au Service géologique du Maroc, Rabat, pour son ouvrage intitulé : *Études géologiques sur le Massif de l'Argentera-Mercantour et s enveloppes sédimentaires*. *Rapporteur :* M. Ch. Jacob.

PRIX CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET. — Commissaires : MM. A. de Gra-ont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot, G. Bertrand.

Un prix de 400.000^{fr} est décerné à M. **Alfred Jost**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, ·ur ses travaux sur l'*Endocrinologie du fœtus de Mammifères*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

Un prix de 150.000^{fr} est décerné à M. **Louis Weil**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, -ur ses travaux sur le magnétisme et la thermodynamique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX MILLET RONSSIN (160.000^{fr}). — Commissaires : MM. R. Courrier, Ch. Jacob, Ch. Mau-in, A. Chevalier, R. Souèges, Ém. Roubaud, L. Fage.

Le prix est décerné à M. **Léon Launoy**, professeur honoraire à la Faculté de pharmacie de Paris, ur ses recherches sur l'immunisation contre la maladie du sommeil par un produit chimique. *apporteur :* M. M. Delépine.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (120.000fr). — Commissaires : MM. L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard, P. Dassault.

Le prix est décerné à M. **Georges Salet**, ingénieur en chef des constructions navales, pour ses travaux de résistance des matériaux appliqués à la Défense nationale. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PRIX HÉLÈNE HELBRONNER-FOULD (80.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, M. de Broglie, C. Gutton, J. Duclaux, A. Pérard, G. Ramon, L. Hackspill, J. Tréfouël, A. Lacassagne, P. Dassault.

Le prix est décerné à Mme Veuve **Henri Labrouste**, née **Yvonne Dammann**, physicien-adjoint à l'Institut de physique du globe, qui a activement continué l'œuvre de son Mari. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (120.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes, G. Ribaud, G. Bertrand, P. Lebeau, P. Portier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Raymond Michel**, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Dijon, pour ses recherches sur la biochimie de l'iode et des hormones thyroïdiennes. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX LAMB (1.000.000fr). — Commissaires : MM. M. de Broglie, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, A. Pérard, R. Courrier, M. Roy, P. Dassault, F. Perrin.

Le prix est décerné à M. **Robert Legendre**, ingénieur en chef du Génie maritime, secrétaire général technique de l'Office national des études et recherches aéronautiques, pour ses travaux de mécanique et machines thermiques intéressant la Défense nationale. *Rapporteur :* M. M. Roy.

PRIX EN HOMMAGE A LA MÉMOIRE DES SAVANTS FRANÇAIS ASSASSINÉS PAR LES ALLEMANDS EN 1940-1945 : RAYMOND CROLAND, PAUL REISS, FRED VLÈS, EUGÈNE WOLLMAN (100.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, L. Fage, L. Binet, R. Courrier, R. Heim, P.-P. Grassé, A. Mayer, Ch. Champy.

Le prix est décerné à MM. **François Jacob** et **Élie Wollman**, chefs de laboratoire au Service de physiologie microbienne à l'Institut Pasteur, pour leurs publications sur la physiologie des micro-organismes. *Rapporteur :* M. P.-P. Grassé.

PRIX DU DOCTEUR ET DE Mme HENRI LABBÉ. — Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Binet, R. Courrier, J. Tréfouël, P.-P. Grassé, A. Mayer, M. Lemoigne, Ch. Champy.

Deux prix d'enseignement ménager, de 80.000fr sont décernés :

à Mlle **Jeanne Bourguet**, professeur honoraire aux Lycées Victor Duruy et Molière, pour son activité dans l'enseignement ménager. *Rapporteur :* M. R. Courrier;

à M. **André Duffaure**, inspecteur général des Maisons familiales rurales, pour ses travaux pédagogiques et ses initiatives au sein de l'Union nationale des maisons familiales d'apprentissage rural. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

Deux prix de diététique de 80.000fr sont décernés :

à M. **Jean Trémolières**, directeur de la Section nutrition à l'Institut national d'hygiène, pour ses recherches sur les problèmes alimentaires. *Rapporteur :* M. L. Binet;

à Mlle **Thérèse Terroine**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses recherches sur la physiologie de la nutrition. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

Un prix de chimie biologique de 80.000fr est décerné à M. **Serge Lissitzky**, maître de conférences agrégé à la Faculté de médecine de Marseille, pour ses travaux sur le métabolisme de l'iode et les substances thyroïdiennes. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX LOUIS BONNEAU (250.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot, G. Bertrand.

Le prix est décerné à M. **Raymond Daudel**, chargé d'un cours à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches d'application de la Mécanique ondulatoire à la chimie. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DU PROGRÈS TECHNIQUE.

Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, L. Fage, A. Danjon, J. Humbert, P. Pruvost, J. Piveteau.

Un prix de 2.000.000fr est décerné à M. **Alfred Kastler**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur l'emploi des radiofréquences en Physique atomique et sur la résonance magnétique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX DE L'INSTITUT DÉCERNÉS SUR LA PROPOSITION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PRIX D'AUMALE (40.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot, G. Bertrand.

Le prix est décerné à M. **Max Serruys**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers et à l'École centrale des arts et manufactures, pour ses travaux sur les moteurs thermiques. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

FONDATION JAFFÉ (1.500.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, M. de Broglie.

Un prix est décerné à M. **Jean-Jacques Trillat**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les applications de la diffraction des électrons. *Rapporteur :* M. M. de Broglie.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseillers : MM. A. de Gramont, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont attribuées :

— 200.000fr à M. **Jacques Benoit**, professeur au Collège de France, pour ses recherches sur les relations entre l'hypothalamus et l'hypophyse chez les Oiseaux;

— 150.000fr à M. **Émile Henriot**, correspondant de l'Académie des sciences, pour lui permettre de perfectionner les ultracentrifugeuses qu'il a été le premier à réaliser.

— 1.000.000fr à l'**Observatoire d'Abbadia**, pour contribuer à sa remise en état;

— 200.000fr à M. **Henri Vallois**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, directeur du Musée de l'Homme, pour contribuer à l'achat de la mandibule humaine fossile de Montmaurin (Haute-Garonne);

— 594.000fr au **Bureau des Longitudes**, pour l'achat d'une machine à calculer Monrœ, type perfectionné 8N-213.

— 50.000fr à l'**École polytechnique**, pour sa Bibliothèque;

— 50.000fr à l'**Institut national agronomique**, pour les Laboratoires de zoologie agricole (Professeur : M. Paul Pesson) et de pathologie végétale (Professeur : M. Georges Viennot-Bourgin) en vue de l'amélioration de leurs Bibliothèques;

— 20.000fr à la **Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale**, pour sa Bibliothèque. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

FONDS DES LABORATOIRES. — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot. G. Bertrand.

Un prix de 200.000fr est décerné à M. **Pierre Ailleret**, professeur à l'École nationale des ponts et chaussées, pour ses travaux d'hydraulique et d'électricité. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

Cinq prix de 100.000fr sont décernés :

à M. **Georges Brillouët**, professeur à l'École nationale supérieure de mécanique de Nantes, pour sa thèse intitulée : *Étude de quelques problèmes sur les ondes liquides de gravité. Rapporteur :* M. H. Villat;

à M. **Henri Gridel**, directeur du Laboratoire national d'hydraulique d'Électricité de France, pour ses recherches sur la houle et leur application aux études sur modèles réduits, des ouvrages maritimes. *Rapporteur :* M. A. Caquot;

à M. **Marc Herlant**, professeur à la Faculté de médecine de l'Université libre de Bruxelles, pour ses travaux sur la localisation cytologique des différentes stimulines hypophysaires. *Rapporteur :* M. R. Courrier;

à Mme **Henri Muraour**, née **Julia Semat**, veuve de l'Ingénieur général des Poudres, pour la part qu'elle a prise à l'élaboration et à la rédaction des travaux de son Mari, malade pendant près de 18 ans. *Rapporteur :* M. L. Hackspill;

à M. **Pierre Thévenet** et à Mme **Pierre Thévenet**, née **Andrée Marcoz**, ingénieurs de l'École supérieure d'Optique, pour leur contribution à l'étude d'appareils de recherche scientifique. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

Une subvention de 80.000fr est accordée à Mlle **Véra Malycheff**, collaboratrice du Laboratoire de minéralogie du Muséum national d'histoire naturelle, pour l'aider à achever son travail sur les lœss de l'Eurasie. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDS DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS.
BOURSES D'ÉTUDES ET DE VOYAGES.

PRIX LAPLACE. — La médaille est décernée à M. **Pierre Jacquard**, né à Rabat (Maroc), le 5 mars 1935, sorti premier de l'École polytechnique.

FONDATION L.-E. RIVOT. — Les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1956, avec le n° 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les Corps des mines et des ponts et chaussées reçoivent :

— M. **Pierre Jacquard**, entré premier à l'École des mines, 80.000fr ;

— M. **Jean-Pierre Halbron**, entré second à l'École des mines, 40.000fr;

— M. **Paul Caseau**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, 80.000fr ;

— M. **Pierre Suard**, entré second à l'École des ponts et chaussées, 40.000fr.

FONDATION GIRBAL-BARAL (120.000fr). — Une allocation est accordée à M. **François Bruhat**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Nancy, pour sa thèse sur les représentations des groupes de Lie.

FONDATION RICHARD (80.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. Binet, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot, G. Bertrand.

Une bourse est attribuée à Mlle **Catherine Tchernigovtzeff**, stagiaire de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour lui permettre un séjour au Musée océanographique de Monaco, qui sera consacré à l'étude de la régénération des appendices du crabe *Pschygrapsus Marmoratus*. *Rapporteur :* M. L. Fage.

FONDS DES BOURSES (180.000fr). — Mêmes Commissaires que ci-dessus.

Une bourse est attribuée à M. **Dorde Čehović**, assistant à la Faculté de médecine de Zagreb, pour ses recherches sur l'action de la lumière sur la concentration de l'iode radioactif dans la peau des grenouilles. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

LECTURE.

M. Robert Courrier, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur la vie et les travaux de Serge Winogradsky, Associé étranger de l'Académie*. Cette Notice sera imprimée dans le recueil des *Notices et Discours*, t. III.

L. B. R. C.



ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 15 octobre 1956.)

Note présentée le même jour, de MM. *Paul Abadie, Robert Charbonnière, Auguste Gidel, Pierre Girard* et *André Guilbot*, Passage du domaine hertzien à l'infrarouge et de l'infrarouge au hertzien :

Page 1110, 2e ligne du résumé, *au lieu de* $f_c = \mathrm{A}l^{-(\mathrm{H}/k\mathrm{T})}$, *lire* $f_c = \mathrm{A}e^{-(\mathrm{H}/k\mathrm{T})}$.
» 1112, référence bibliographique ([2]), *au lieu de* Mea Kins, *lire* Meakins.

(*Comptes rendus* du 29 octobre 1956.)

Note présentée le 22 octobre 1956, de M. *Henry Gault* et Mme *Claudine Lumbroso*, Recherches sur l'acétylation du diacétone-alcool :

Page 1331, dernière ligne, *au lieu de* β-cétolique, *lire* β-cétonique.
» » 2e ligne en remontant, *au lieu de* méthyle, *lire* acétyle.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1956

(*suite et fin*).

Bases fondamentales et applications de la Thermodynamique chimique. T. I. *Les principes, les systèmes idéaux gazeux et avec phases condensées pures*, Fasc. 1, par MAURICE DODÉ. Paris, Société d'Édition d'enseignement supérieur, 1956; 1 vol. 24 cm. (Présenté par M. Georges Chaudron.)

Annales de l'Est, publiées par la Faculté des Lettres de l'Université de Nancy. Mémoire n° 16. Actes du Colloque International. *Le Fer à travers les âges, hommes et techniques*, Nancy, 3-6 octobre 1955. Nancy, 1956; 1 vol. 25 cm. (Présenté par M. René Perrin.)

Lavoisier et la Révolution française. I. *Le Lycee des Arts*. par LUCIEN SCHELER. Paris, Hermann, 1956; 1 vol. 19 cm. (Présenté par M. Louis de Broglie.)

ALBERT EINSTEIN. *Lettres à Maurice Solovine*, reproduites en fac-similé et traduites en français avec une introduction et 3 photographies. Paris. Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 28 cm. (Présenté par M. Louis de Broglie).

Les sols des régions intertropicales, par GEORGES AUBERT. Paris, Institut des hautes études de l'Amérique latine, 1956; 4 feuilles polycopiées, 27 cm.

Le Ve Congrès mondial de l'Alliance française 27-28 *mars* 1956. Paris, Secrétariat général de l'Alliance française, 1956; 1 vol. 24 cm. (Présenté par M. Louis de Broglie.)

Centre national de la recherche scientifique, Institut de calcul Blaise Pascal. Extrait des *Comptes rendus des Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique*, *Colloque sur les machines à calculer et la pensée humaine*. Paris, 8-13 janvier 1951. Publication n° 5, *La machine à calculer de l'Institut Blaise Pascal*. Publication n° 6, *Quelques analogies nouvelles entre structures de machines à calculer et structures cérébrales*, par LOUIS COUFFIGNAL, 1953. Publication n° 12, *Méthodes pratiques de réalisation des calculs matriciels*, extrait des *Rendiconti di Matematica e delle Sue applicazioni*, série V. Vol. XIII, fasc. 2-3. Roma, 1954. Publication n° 13, *Machines à calculer électroniques et cybernétique*, communication à la 4e session des *Journées de la Science*. Milan, 12-17 avril 1954, par LOUIS COUFFIGNAL; 4 fasc. 23,5 cm.

Id. Publication n° 3, *Les Machines et la Psychologie*, extrait de la Revue *Technique Art-Science*, 6e année, nos 4-5 (février-mars 1952). Publication n° 10, *Méthodes et limites de la Cybernétique*. Extrait de la Revue *Structure et Évolution des Techniques*, par LOUIS COUFFIGNAL, 1952-1953; 2 fasc. 26,5 cm.

Id. *Les machines à calculer au service de l'art de l'Ingénieur*, par LOUIS COUFFIGNAL. Extrait de la Revue *Technica*, n° 173, juin 1954. Publication n° 9, 1953; 1 fasc. 30,5 cm.

Id. *Science et Technique de l'information*, essai méthodologique, par Louis Couffignal. Extrait de la Revue *Structure et évolution des Techniques*, nos 39-40 et 43-44. Publication n° 16, 1956; 1 fasc. 20,5 cm.

Id. *Sur le lissage des suites de points*, par Louis Couffignal et H. A. Lenouvel, extrait de la Revue *Mesures* (octobre 1953). Publication n° 8, 1953; 1 fasc. 28,5 cm.

Id. Publication n° 4, *Deux notes sur le calcul des instruments d'optique*. Publication n° 7, *Calcul de certaines fonctions usuelles en système binaire*, par Jean Peltier, extrait des *Comptes rendus des Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique, Colloque sur les machines à calculer et la pensée humaine*, Paris, 8-13 janvier 1951-1952- 1953; 2 fasc. 24 cm.

Id. *Méthode de calcul des intégrales de Lommel généralisées*, par Geneviève Coulmy, extrait des *Annales de télécommunications*. T. IX, n° 11, Novembre 1954. Publication n° 14, 1955; 1 fasc. 29 cm.

Id. *Trois notes sur le calcul des poutres*, par Jacques Duleau, extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*. T. 242, p. 870-873, 1257-1260, 1413-1415. Publication n° 15, 1956; 1 fasc. 26 cm.

Publications de l'Institut Blaise Pascal, *La Mécanique comparée*, par Louis Couffignal, extrait de *Thalès*. T. VII, 1951. Paris, Presses universitaires de France, 1953; 1 fasc. 22,5 cm.

Id. *La Cybernétique, science de l'efficacité de l'action*, par Louis Couffignal, extrait de *Productivité française*, n° 18, juin 1953; 1 fasc. 31 cm.

Id. *Une matière d'œuvre nouvelle : L'Information*, par Louis Couffignal, extrait du n° 652 février 1955, de la Revue de la *Chambre de commerce de Marseille*. Marseille, 1955; 1 fasc. 27 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 DÉCEMBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON BINET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Théodore de Karman** signale la présence de M. **Antonio Ferri**, Professeur à l'Institut de Technologie de Brooklyn. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

HYDRAULIQUE. — *Stabilité d'une chambre d'équilibre à montage Venturi placée sur le canal de fuite d'une usine.* Note de M. **Léopold Escande**.

La condition de stabilité obtenue met en évidence l'intérêt de réduire la vitesse au droit de la chambre d'équilibre à une valeur aussi faible que possible.

Considérons le montage de la figure 1 et appelons P′ la perte de charge dans le canal de fuite y compris la portion non récupérée à la sortie de la hauteur due à la vitesse W dans le canal de fuite, E la hauteur due à la vitesse au col du Venturi, P'_0, E_0, les valeurs des quantités précédentes pour le régime permanent du débit Q_0 auquel correspond la hauteur de chute H_0.

Posons

$$X = Z - P'_0 + E_0.$$

On a à chaque instant, pendant les oscillations, une chute nette :

$$H = H_0 + E_0 - X - E.$$

L'action du régulateur donne au débit des turbines une valeur Q telle que

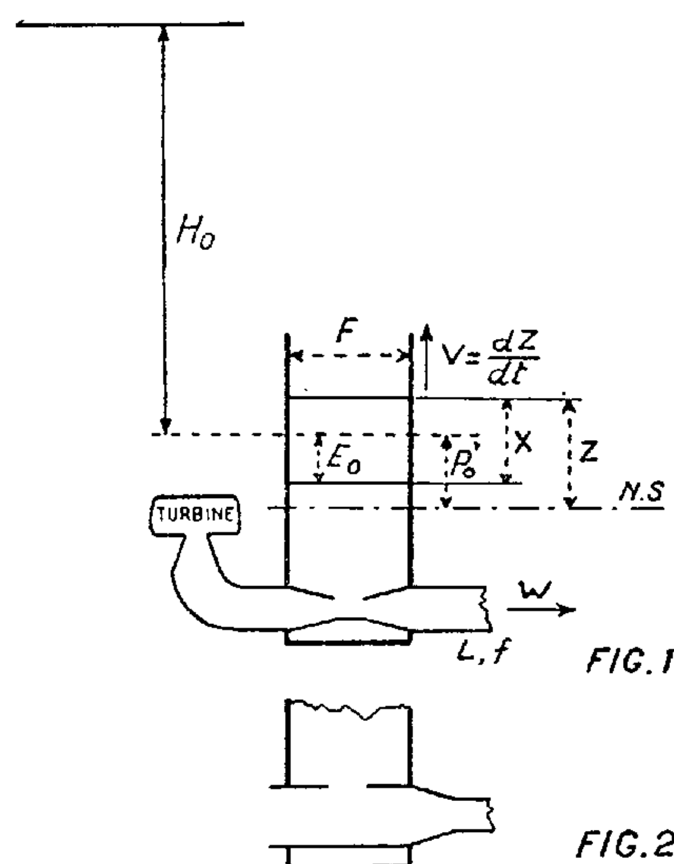
$$Q_0 H_0 = Q[H_0 + E_0 - X - E].$$

Introduisons les valeurs relatives en conservant les notations habituelles et posons

$$e = \frac{E}{Z_*}, \qquad e_0 = \frac{E_0}{Z_*}, \qquad \frac{e}{e_0} = \frac{E}{E_0} = \left(\frac{W}{W_0}\right)^2 = w^2,$$

$$e = e_0 w^2.$$

La condition imposée par le régulateur donne, entre grandeurs relatives, avec les mêmes approximations que pour l'établissement de la formule de



Thoma, en se limitant au cas des petites oscillations :

$$u = \frac{U}{U_0} = \frac{Q}{Q_0} = \frac{h_0}{h_0 + e_0 - x - e} = 1 - \frac{e_0}{h_0} + \frac{x}{h_0} + \frac{e}{h_0}.$$

L'équation de continuité donne :

$$w = u - v = 1 - v + \frac{x}{h_0} - \frac{e_0}{h_0} + \frac{e}{h_0}$$

et permet de calculer, sur les mêmes bases de linéarisation que pour la formule de Thoma :

$$e = e_0 w^2 = e_0\left[1 - 2v + \frac{2x}{h_0} - \frac{2e_0}{h_0}\right].$$

On en tire, en remarquant que :

$$v = \frac{V}{U_0} = \frac{V}{2\pi}\frac{T}{Z_*} = \frac{1}{2\pi}\frac{dZ}{dt}\frac{T}{Z_*} = \frac{1}{2\pi}\frac{dz}{dt'} = \frac{1}{2\pi}\frac{dx}{dt'}$$

$$e = e_0\left[1 - 2v + \frac{2x}{h_0}\right] = e_0\left[1 - \frac{1}{\pi}\frac{dx}{dt'} + \frac{2x}{h_0}\right],$$

$$u = 1 + \frac{x}{h_0},$$

$$w = 1 + \frac{x}{h_0} - \frac{1}{2\pi}\frac{dx}{dt'}.$$

L'équation des forces vives entre grandeurs relatives

$$v\frac{dv}{dz} - \frac{1}{2\pi}\frac{du}{dt'} + z - p' + e = 0$$

donne alors, toutes transformations faites,

$$\frac{d^2x}{dt'^2} - 2a\frac{dx}{dt'} + bx = 0,$$

avec

$$a = \pi\left[\frac{1}{h_0} - 2(p'_0 - e_0)\right],$$

$$b = 4\pi^2\left[1 - \frac{2(p'_0 - e_0)}{h_0}\right].$$

Dans une prochaine publication, nous examinerons les conditions dans lesquelles se présente, en pratique, le problème général.

Limitons-nous, pour l'instant, à l'étude du cas où les racines de l'équation caractéristique sont imaginaires et où il existe, par suite, un régime oscillatoire.

La condition d'amortissement s'écrit :

$$a < 0$$

ou

(1) $$\frac{1}{h_0} - 2(p'_0 - e_0) < 0$$

ou

(1)′ $$F > F_0 = \frac{W_0^2}{2g}\frac{Lf}{H_0(P'_0 - E_0)}.$$

Dans cette formule F représente la section horizontale de la chambre d'équilibre.

L'expression (1)′ de la section limite F_0 montre que contrairement à ce qui intervient dans le cas d'une chambre d'équilibre placée à l'extrémité aval du canal d'amenée, l'effet Venturi joue un rôle nuisible pour la stabilité dans le cas actuel : il y a donc intérêt à réduire la vitesse au droit de la chambre d'équilibre, par exemple comme l'indique le schéma de la figure 2. En particulier, si l'on a $E_0 > P'_0$, il est impossible d'amortir les oscillations.

GÉOLOGIE. — *Présence de l'Éocène inférieur dans le Rif septentrional (Maroc).* Note de MM. **Paul Fallot**, **Michel Durand Delga** et **Jean Magné**.

La portion septentrionale de l'arc rifain comporte trois unités structurales qui se chevauchent de l'intérieur à l'extérieur et du Nord au Sud : la zone paléozoïque interne, la Dorsale calcaire débitée en plusieurs vastes imbrications et la zone marno-schisteuse dite aussi « zone du Flysch » ([1]), ([2]).

L'un de nous tenta avec L. Doncieux ([3]), qui en étudia les Foraminifères, une première discrimination des dépôts sénoniens et nummulitiques régnant dans ces parages. Il en résulta l'image suivante :

La zone paléozoïque est privée de toute couverture mésozoïque ou tertiaire sauf entre le Rio Martin et l'Ouest de Ceuta, où l'Oligocène à Lépidocyclines ravine le Primaire. Notons en passant que dans les massifs primaires kabyles d'Algérie, l'Oligocène arrive aussi en transgression sur le Paléozoïque.

Dans la Dorsale existent le Sénonien à Rosalines et le Nummulitique, qui sont impliqués dans les charriages. Le premier, sous forme de marno-calcaires peu épais, fut signalé entre la région de Tétouan et le Djebel Tazaot, partout transgressif sur le Lias. Quant au Tertiaire, débutant par des conglomérats lutétiens, il était tenu pour transgressif, à son tour, sur n'importe quel étage plus ancien.

Dans la zone marno-schisteuse, le Crétacé supérieur est constitué par des marnes feuilletées noirâtres à patine vert-olive. Vers le haut s'y intercalent souvent des couches bariolées avec minces lits de microbrèches à Rosalines.

Enfin, dans la haute crête, allongée à environ 12 km à l'extérieur de la Dorsale calcaire, de très puissantes assises gréseuses couronnent la série marno-schisteuse : elles furent attribuées avec doute ([2]) au Crétacé terminal. Ces grès n'existent pas aux abords de la Dorsale.

Le Lutétien, débutant selon les points par des conglomérats ou par des lits calcareux et microbréchiques, était considéré comme transgressif sur le Crétacé.

Afin de comparer les faciès rifains avec ceux des régions homologues d'Algérie, les lames minces utilisées par Doncieux furent réexaminées (M. D. D.). La présence de *Globorotalia* et de Globigérines à test épais dans des niveaux qualifiés de sénoniens suggéra qu'il s'agissait en fait d'Éocène inférieur : ce terme est employé dans le sens classique, en y incluant le « Paléocène » (Montien-Thanétien). Le lavage des marno-calcaires dont provenaient ces lames permit le dégagement de Foraminifères qui, rapidement examinés par M. J. Sigal, furent étudiés par l'un de nous (J. M.). Ces nouveaux résultats montrent que l'Éocène inférieur est représenté, tant dans la Dorsale calcaire que dans la zone marno-schisteuse.

1. *Dorsale calcaire.* — L'Éocène inférieur a été caractérisé dans les imbrications du Sud de Tétouan et au Djebel Bobena.

Au Sud de Tétouan, l'un de nous a rapporté au Sénonien ([4]) des marno-calcaires reposant sur divers termes du Lias : d'une part dans l'élément structural externe culminant à la Hafa el Ma, d'autre part entre le Djebel Gorguès et le col de Dar-Jarjor, c'est-à-dire dans un élément interne prolongeant vers le Nord la nappe du Djebel Kelti. Les nouveaux documents paléontologiques concernent seulement ce dernier secteur.

On y rencontre, sur le Lias calcaire, des calcaires marneux à *Aptychus* (Néocomien probable), puis des marno-calcaires jadis attribués au Sénonien. Des poudingues reposent en discordance sur l'ensemble. Leur base a livré *Nummulites atacicus* Leym. et *N. uroniensis* (de La H.) A. Heim (dét. Doncieux), dont la coexistence pourrait indiquer le Lutétien moyen.

Deux échantillons provenant du supposé Sénonien ont été examinés. Au col de Dar-Jarjor, un marno-calcaire gris clair a fourni une assez riche microfaune où dominent les formes planctoniques, caractérisant le Paléo-

cène : *Globorotalia membranacea* (Ehrenberg), *Gl. compressa* (Plummer), *Gl.* (*Truncorotalia*) *crassata* var. *æqua* Cush. et Renz, *Gl.* (*Tr.*) cf. *acuta* Toulmin, *Gl.* (*Tr.*) *angulata* (White) fréquents, *Gl.* (*Tr.*) sp., *Globigerina pseudobulloides* Plum., *G. triloculinoides* Plum., *G. finlayi* Bronnimann, *G.* sp., *Cibicides* sp., *Bulimina* sp.

Le second échantillon provient des abords du sentier au versant Sud du col. Il s'agit d'un calcaire plus compact, de ton variant du gris au violacé. Sa microfaune assez pauvre comporte : *Globorotalia* (*Truncorotalia*) *naussi* Martin, *Gl.* (*Tr.*) *acuta*, *Gl.* (*Tr.*) *crassata* (Cush.), *Gl.* (*Tr.*) cf. *aragonensis* Nuttall, *Globigerina linaperta* Finlay, *G. soldadoensis* Bron., *Gl.* sp. Cette association indique le Paléocène supérieur ou plutôt des niveaux plus élevés de l'Éocène inférieur (Yprésien ?).

Rappelons enfin qu'au Nord du col de Dar-Jarjor, au pied Est de la cote 1037, des marnes avaient fourni [([3]), p. 54] une microfaune dont certains éléments, tel *Globorotalia velascoensis* (Cush.), sont aujourd'hui considérés comme paléocènes.

En résumé on trouve, sous le poudingue de Dar-Jarjor, de minces horizons marneux d'âge paléocène et (?) yprésien vraisemblablement liés au Crétacé supérieur et recouverts par le Lutétien transgressif.

Aux abords du Djebel Bobena, une douzaine de kilomètres plus au Sud, plusieurs petits affleurements sénoniens ont été cartographiés à l'Ouest d'Ihay-Haten ([4]). Ils reposent sur le Lias moyen-supérieur de la nappe du Djebel Kelti; certains d'entre eux sont coincés sous le Permo-Trias de la nappe de la Cudia el Babat. En plusieurs points, l'âge sénonien supérieur (Campanien supérieur-Maestrichtien) de ces marno-calcaires a pu être confirmé grâce aux associations de Rosalines. Ainsi l'affleurement le plus septentrional (en 113,7/91,9) montre des niveaux rosés à *Globotruncana fornicata* Plum., *Gl. linnei* (d'Orb.), *Gl. elevata* var. *stuartiformis* Dalbiez et var. *elevata* (Brotzen), *Gl.* cf. *stuarti* (Lapp.), *Gl. conica* White, *Gumbelina plummeræ* Lœtterle. Toutefois, à peu près au même endroit, des calcaires marneux compacts, d'un gris un peu noirâtre, ont fourni une assez riche microfaune paléocène, où les Globigérines dominent numériquement : *Globorotalia membranacea*, *Gl. compressa*, *Gl.* (*Truncorotalia*) *angulata*, *Gl.* (*Tr.*) cf. *acuta*, *Gl.* (*Tr.*) *crassata* var. *æqua*, *Gl.* (*Tr.*) sp., *Globigerina pseudobulloides*, *G. triloculinoides*, *G. finlayi*, *G.* sp., *Cibicides* sp., *Palmula* sp., *Lenticulina* sp. On ne peut préciser les rapports de ce Paléocène avec les poudingues du Nummulitique plus élevé, absents en ce point : on sait toutefois ([3]) que ces derniers reposent directement sur le Lias non loin à l'occident de ce point.

A l'Ouest du Djebel Bobena, au bord externe de la chaîne, des marnes à faciès sénonien ont été figurées en boutonnière ([4]) sous le Nummulitique

dans le ravin au Sud de Dahar Afusan (El Ihamten). Une lame mince taillée dans un échantillon qui proviendrait de la base de la série supposée sénonienne montre des Globigérines à test épais, nettement tertiaires. Le lavage de marno-calcaires gris jaunâtres, provenant vraisemblablement du même horizon, a livré de riches microfaunes de l'Éocène supérieur, à nombreuses Globigérines et benthos réduit : *Globigerina dissimilis* Cush. et Berm., *G. linaperta*, *G. increbescens* Bandy, *G. ouachitaensis* var. *senilis* Bandy, *G. bulloides* var. *cryptomphala* Glaessner, *Cibicides* cf. *grimsdalei* Nuttall, *Bulimina* sp., *Bolivina* sp., *Vulvulina* sp. Sauf erreur d'étiquette de l'échantillon étudié, il semble donc que ni le Sénonien ni l'Éocène inférieur n'apparaissent dans cette boutonnière.

A 5 km au Sud du Djebel Bobena on rencontre, transgressifs sur le Lias, quelques lambeaux de Sénonien supérieur, en général à l'état de marno-calcaires gris ou rosés à Rosalines. L'un d'eux est couronné, à la Cudia Chantus, par des horizons microbréchiques riches en Orbitoïdés ([4]) et Sidérolitinés. Nous ne connaissons là aucun indice d'Éocène inférieur.

Au Sud de l'Oued Lau, autour du Djebel Tazaot, c'est-à-dire dans des régions très internes de la Dorsale, l'un de nous avait indiqué ([1]), transgressifs sur le Lias, de minces conglomérats à débris de Bélemnites remaniées et des marno-calcaires, rapportés au Sénonien d'après L. Doncieux. Cette attribution est très incertaine. L'examen détaillé des plaques minces permettrait plutôt d'évoquer du Malm ou du Crétacé inférieur. De toute manière ces horizons sont directement surmontés par le Lutétien transgressif sur lequel repose le lambeau charrié du Tazaot, formé de dolomies triasiques et de Primaire. Aucune trace d'Éocène inférieur n'apparaît donc dans ce secteur.

2. *Zone marno-schisteuse.* — A l'extérieur de la Dorsale calcaire, nous avons pu caractériser l'Éocène inférieur, entre le Sénonien et le Lutétien, en deux points situés au Nord-Ouest de Xauen, au voisinage de Soko el Arba de Beni Hassan ([4]).

Un premier affleurement se trouve aux abords de la route à environ 6 km au Sud-Est de cette dernière localité, non loin de la Casilla de Hamara; il règne là un Flysch marno-schisteux plus ou moins sableux [([3]), p. 39] comportant des lits de marnes rosées et de microbrèches calcaires. Celles-ci montrent de rares *Fissurina ovalis* (Kaufmann), d'abondantes *F. lævigata* (Kauf.), des Textularidés et de mauvaises Rosalines. S'il s'agit certainement de Crétacé supérieur, cette microfaune ne permet pas d'en préciser le niveau. Au-dessus, le Flysch éocène débute [([1]), p. 71] par des calcaires gris, finement conglomératiques, associés à des marnes rosées. Considéré jusqu'ici comme probablement lutétien, cet horizon révèle dans un ciment calciteux à gros prismes d'albite authigène, d'innombrables organismes

dont l'association prouve l'âge paléocène : Orthophragmines (*Discocyclina seunesi* Douv., *Asterodiscus taramellii* Mun.-Ch.) et Operculines (*Operculina* cf. *heberti* Mun.-Ch.) déterminées par Mme Neumann; petites Alvéolines (*Alveolina* gr. de *primæva* Reich.) et Rotalidés rappelant « *Rotalina* » *cayeuxi* Lapp. (dét. de M. J. Cuvillier); des Miliolidés, des *Planorbulina*; des fragments d'Échinodermes et de Bryozoaires. *Disc. seunesi*, *Alv. primæva*, *Op. heberti* sont des espèces du Paléocène (anté-yprésien); « *Rot.* » *cayeuxi* a été définie dans le Sénonien supérieur de Biarritz; *Ast. taramellii* débute au Paléocène mais se poursuit jusqu'à l'Éocène supérieur.

Mme P. Lemoine a bien voulu étudier en plaque mince les Algues de ce niveau. On sait que les documents algologiques concernant l'Éocène inférieur méditerranéen sont presque inexistants. Les formes observées ici, compte tenu des incertitudes découlant de leur état fragmentaire, montrent cependant une association déconcertante : une espèce du « Lattorfien » ligure (*Mesophyllum ligusticum* Air. ?), certaines autres priaboniennes ou oligocènes (*Lithophyllum mengaudi* Lem., *L.* sp., *Mesophyllum royoi* Mir.), d'autres purement éocènes (*Lithophyllum* sp., *Mesophyllum* cf. *sierræ blancæ* Howe ?, *Lithothamnium andrusovi* Lem., *L.* sp.), d'autres encore de position stratigraphique inconnue (*Amphiroa* sp., *Jania* sp.; *Lithothamnium* sp.). En outre un *Lithophyllum* rappelle beaucoup *L. impositum* Lem. du Danien de Vienne.

Un second jalon d'Éocène inférieur existe le long de l'Oued Afkiren (Exila), à 2 km au Sud-Ouest de S^o^ el Arba. Au-dessus du Sénonien schisteux à passées gréseuses, le Nummulitique y débute par des schistes rougeâtres à lentilles de calcaire bréchoïde gris. Cet horizon était tenu pour lutétien [(2), p. 70-71] parce qu'il contenait des Orthophragmines. En fait, outre des fragments divers (Oursins, Bryozoaires), il comporte *Discocyclina seunesi*, *Asterodiscus taramellii*, *Operculina* cf. *heberti*, caractéristiques du Paléocène.

Parmi les Algues calcaires de cet horizon (dét. de Mme P. Lemoine), la plupart ont été signalées du Lutétien à l'Oligocène (*Jania nummulitica* Lem., *Corallina abundans* Lem., *Archæolithothamnium dallonii* Lem., *Lithothamnium moreti* Lem.), l'une n'existerait qu'à l'Éocène (*Lith. andrusovi* Lem.), deux sont uniquement connues dans l'Oligocène (« Rupélien ») de Ligurie (*Mesophyllum fructiferum* Air., *Lithothamnium roveretoi* Air.). On soulignera les différences de composition de flore entre ce gisement et le précédent : ici à Exila, on trouve des *Archæolithothamnium*, les *Lithothamnium* sont nombreux; il n'y a pas de *Lithophyllum*, fréquents dans l'autre gisement.

Non loin de là, au-dessus de cet horizon paléocène, viennent des grès tendres à *Nummulites irregularis* Desh., *N. subirregularis* de La H., *N. atacicus* Leym., *N. subatacicus* H. Douv., *N. globulus* Leym., *N. gallensis* Heim, association tenue par Doncieux (3) pour lutétienne, mais dont l'âge yprésien ne saurait être exclu.

Conclusions. — Les faits ci-dessus établissent donc l'existence, ignorée jusqu'ici, de l'Éocène inférieur dans la Dorsale calcaire et la zone marno-

schisteuse du Rif. Les quelques jalons, ainsi découverts au hasard de l'étude d'anciens documents, se multiplieront probablement lors de nouvelles recherches sur le terrain. En attendant, quelques remarques s'imposent.

Dans la Dorsale, les profils relevés jadis par l'un de nous (P. F.) permettent de penser que le Paléocène-Yprésien fait suite au Maestrichtien, bien que la zone micropaléontologique à petites Globigérines à test mince du « Danien » (⁵) n'ait pu encore être identifiée. Au-dessus, le Lutétien débute par un poudingue, transgressif à la fois sur le Lias, le Sénonien et l'Éocène inférieur. Il est vraisemblable que l'émersion dont ce conglomérat à Nummulites souligne la fin, correspondit à une phase d'érosion au cours de laquelle beaucoup de dépôts de l'Éocène inférieur furent détruits. Ainsi peut-on penser que l'extension de ces formations fut plus large qu'il n'y paraît aujourd'hui.

Toutefois l'on ne connaît, pour l'instant, de dépôts datés du Sénonien et de l'Éocène inférieur qu'entre le Rio Martin et l'Oued Lau, dans des unités inférieures de la Dorsale. Les deux points où l'Éocène inférieur est caractérisé appartiennent d'ailleurs à la nappe du Djebel Kelti, assez externe.

Si l'on déplie les nappes, il faudra situer le parautochtone au moins à 5-6 km à l'Est-Nord-Est de sa position actuelle et les affleurements paléocènes de Dar-Jarjor et du Djebel Bobena à une vingtaine de kilomètres plus à l'Est encore. L'Éocène inférieur n'est connu ni dans la nappe de Babat ni sur le Paléozoïque interne. Ce n'est donc qu'à titre hypothétique qu'on peut évoquer une liaison paléogéographique directe avec le domaine méditerranéen et avec la mer paléocène baignant certains secteurs du Midi de l'Espagne qui seront décrits ailleurs.

Il est vraisemblable, en revanche, que le bassin paléocène de la Dorsale était en rapports avec celui de S° el Arba, en dépit des différences qui existent entre leurs faciès. Si, en effet, au Nord-Est règnent des marnes planctoniques et au Sud-Ouest des microbrèches à grands Foraminifères, cela s'explique normalement par l'éloignement originel de ces séries : hétéropisme déjà observable au Crétacé.

Quoi qu'il en soit, la situation du Paléocène de S° el Arba dans un complexe ressemblant à du Flysch, donne à penser que la sédimentation de la zone marno-schisteuse a été continue, au moins localement, du Crétacé à l'Éocène. Ainsi s'expliquerait que la limite entre les dépôts des deux périodes soit souvent indécise.

La question de l'extension du Paléocène dans les nappes plus méridionales du Rif et du Prérif (⁵) est encore trop mal connue pour qu'on puisse épiloguer sur les rapports de ces bassins. En tout cas les résultats résumés ci-dessus montrent que les schémas paléogéographiques admis quant à l'Éocène inférieur marocain devront subir d'importantes modifications.

Divers indices, qu'on ne saurait mentionner ici, laissent à penser qu'il pourrait en être de même dans les secteurs homologues des Kabylies, en Algérie.

(1) A. MARIN et P. FALLOT, *Mem. Inst. geol. y min. España*, 1936.
(2) P. FALLOT, *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 40, 1937.
(3) P. FALLOT et L. DONCIEUX, *Bol. Inst. geol. y min. España*, 54, 1937.
(4) A. MARIN et P. FALLOT, *Mapa geológico de la Cordillera del Rif al* 1/50 000e (hojas IV, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 et IX, 2, 3, 4, 6, 7, 8), Madrid, 1936.
(5) J. CUVILLIER, F. DALBIEZ, G. GLINTZBOECKEL, M. LYS, J. MAGNÉ, V. PEREBASKINE et M. REY, *Proceedings IVth world Petroleum Congr.*, Rome, 1955, Sect. I/D, pap. 6, p. 517-544.

ALGOLOGIE. — *Sur quelques cas de développement apogamique chez deux espèces de* Codium *de la région du Sud-Ouest*. Note de MM. **PIERRE DANGEARD** et **HENRI PARRIAUD**.

Le *Codium fragile* (Sur.) Hariot dans le bassin d'Arcachon et à Guéthary et le *C. vermilara* (Olivi) delle Chiaje à Guéthary se signalent par un développement parthénogénétique ou apogamique.

Dans le bassin d'Arcachon l'un de nous a reconnu la présence du *Codium fragile* (Sur.) Hariot, seul *Codium* existant dans cette région, tandis qu'à Guéthary le *C. fragile* très abondant est accompagné, entre autres espèces, du *Codium tomentosum* Stackhouse (1). Or l'un de nous observe, depuis plusieurs années, que le *C. fragile* d'Arcachon se rencontre uniquement sous la forme d'individus femelles et que néanmoins il s'y reproduit régulièrement en donnant des plantules apparemment parthénogénétiques. Comme la parthénogénèse vient d'être signalée chez cette espèce de *Codium* observée en Méditerranée à Banyuls (2), il nous a paru intéressant de démontrer que des faits du même ordre s'observent dans le bassin d'Arcachon et aussi à Guéthary, non seulement chez le *C. fragile*, mais également chez une autre espèce.

L'absence d'individus mâles, le fait que les pieds femelles produisent des gamètes qui une fois libérés, après une courte période de motilité, se fixent et germent immédiatement en donnant des plantules peuvent sembler des preuves suffisantes d'un développement parthénogénétique. Néanmoins comme on a signalé l'existence d'individus intersexués chez les *Codium* il n'était pas inutile sans doute comme l'a fait J. Feldmann de s'assurer de la germination des gamètes à partir de gamétanges isolés avec précaution : c'est ce qui a été fait par l'un de nous et qui a montré que des gamètes femelles certainement non fécondés germent parfaitement bien. Au bout de quelques jours des plantules se développent rapidement et celles-ci ont été suivies en culture jusqu'au stade où se forment les

premiers utricules. Il est donc prouvé qu'il ne faut pas retenir l'hypothèse que la parthénogénèse serait une conséquence de l'entrée récente du *C. fragile* en Méditerranée.

Il était intéressant d'étudier le comportement du *C. fragile* de la région de Guéthary où il a été découvert par nous assez récemment. Or ce *Codium* paraît bien, comme à Arcachon, avoir un développement parthénogénétique, car nous n'avons observé jusqu'ici que des pieds femelles et d'autre part les gamètes femelles libérés se développent facilement et rapidement en plantules après la déhiscence.

Il existe toutefois à Guéthary une autre espèce de *Codium* dont les utricules ne sont pas mucronés et qui a été décrit jusqu'ici comme le *C. tomentosum* si commun sur toutes les côtes atlantiques françaises ainsi que dans la Manche ([3]). Or sur plusieurs exemplaires de ce *Codium* l'un de nous a constaté récemment que des germinations avaient lieu au sein de gamétanges n'ayant pas accompli leur développement total. Les gamétanges qui présentaient ce phénomène avaient leur contenu divisé par des cloisons polygonales en un certain nombre de masses vertes (environ une vingtaine) qui dans certains cas ne montraient pas encore de signes de développement, mais plus souvent étaient prolongés par des filaments, parfois assez longs, indiquant qu'il s'agissait de plantules en voie de croissance. Même dans le cas où ces productions gamétangiales n'avaient pas encore germé, il apparaissait que la paroi du gamétocyste était en voie de disparition et il n'en subsistait plus que des traces sous forme de feuillets hyalins stratifiés s'allongeant en panache au sommet du gamétocyste et rattachés à la base au pédoncule gamétangial encore conservé. Il s'agissait donc bien de gamétanges incomplètement divisés et ayant subi un arrêt de développement suivi de la dissolution partielle de la paroi.

Il est à noter que la production sur ces *Codium* de plantules nées à partir des produits d'un gamétange incomplètement divisé s'accompagnait de la présence de gamétanges femelles normaux ayant achevé leur évolution et prêts à effectuer leur déhiscence. Dans un cas nous avons même observé, fixés sur un même utricule, un gamétange femelle normal et un gamétange incomplètement divisé et renfermant des corpuscules verts juxtaposés à contour polygonal par pression mutuelle. Il n'était pas douteux que ces corpuscules verts étaient sur le point de se développer en plantules comme beaucoup d'autres le faisaient dans leur voisinage.

D'autre part, dans les vases de culture, certains pieds de ce *Codium*, isolés, ont fourni, sur le fonds, au cours de la nuit, un dépôt vert constitué de gamètes femelles arrondis mis en liberté par déhiscence des gamétanges mûrs. Or ces gamètes femelles, au cours des journées suivantes, tout en restant sphériques ont augmenté de volume, puis ils ont poussé une ou deux protubérances indiquant un début de germination. Au bout d'une

quinzaine de jours le développement n'avait produit parfois qu'une assez faible élongation des protubérances initiales, mais, le plus souvent, des plantules assez longues déjà s'étaient formées et il était facile de constater que presque tous les gamètes avaient germé régulièrement.

Ce premier développement, soulignons-le, semble bien de nature parthénogénétique, car, à l'époque où ces observations ont été faites, aucun pied mâle n'a été observé et nous n'avons pas non plus constaté d'intersexualité.

Le comportement du *C. tomentosum* à Guéthary s'est donc montré comparable à celui du *C. fragile*, avec cette différence toutefois que le développement nous a semblé plus irrégulier et moins rapide.

On peut donc admettre pour le *C. tomentosum* de Guéthary, plus précisément sans doute *Codium vermilara* (Olivi) delle Chiaje, que le premier développement de ses gamètes femelles, en l'absence de fécondation, est possible.

D'autre part, chez cette espèce, comme nous venons de le montrer, il peut se produire un développement, non de gamètes femelles achevés, mais des produits de la division incomplète des gamétanges arrêtés dans leur développement, ce qui rentre dans les cas d'*apogamie*.

(1) P. Dangeard, *Le Botaniste*, 39, 1955, p. I-VIII.

(2) J. Feldmann, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 305.

(3) En réalité ce que l'on désignait jusqu'ici comme le *Codium tomentosum* Stackhouse à Guéthary paraît être constitué par deux espèces : à savoir le *C. tomentosum* proprement dit et le *C. vermilara* (Olivi) delle Chiaje. Ces deux espèces, très proches l'une de l'autre, viennent en effet d'être distinguées récemment d'après des caractères morphologiques et anatomiques, mais sans référence aux conditions de la reproduction (P. C. Silva, *J. mar. biol. assoc. U. K.*, 34, 1955, p. 565-577).

Les observations consignées dans la présente Note s'appliquent, semble-t-il, au *C. vermilara*.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie les Ouvrages suivants : 1° *Annuaire pour l'an* 1957 *publié par le Bureau des Longitudes, avec un supplément pour l'an* 1958; 2° *Histoire de l'Astronomie,* par Friedrich Becker, 2e édition complétée. Texte en français de Francis Cusset, suivie de l'*Astronomie Moderne,* par **Ernest Esclangon**; 3° *Histoire des Mathématiques,* par O. Becker et J. E. Hofmann. Préface de M. **Georges Bouligand.** Traduction de R. Jouan; 4° *Histoire de la Chimie,* par **Paul Walden.** Traduite de l'allemand par **Eugène Darmois**; 5° *Histoire de la Physique,* par Max von Laue. Préface de M. **Maurice de Broglie.** Traduction française de Henri Piatier ; 6° *Histoire de la Chirurgie,* par Walter von Brunn. Traduction française de Ch. et Andrée Coury. Annotations et Commentaires de Ch. Coury. Préface de Paul Padovani.

M. **Gustave Ribaud** fait hommage à l'Académie d'un fascicule des *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air* contenant un Mémoire de Pierre Vernotte intitulé : *Calcul numérique, Calcul physique, Application à la Thermocinétique*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Niels Erik Norlund** adresse en hommage à l'Académie son Mémoire intitulé : *Sur les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur*.

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Louis de Broglie** : *Hommage à André Claude*, 1900-1955 ;

par M. **Louis Fage** : *Faune de France*. 60. *Bryozoaires*. Première partie : *Entoproctes, Phylactolèmes, Cténostomes*, par Marcel Prenant et Geneviève Bobin ;

par M. **Christian Champy** : *Les facteurs de la croissance cellulaire. Activation et inhibition*, par Jean Brachet, Pierre Chouard, Albert Delaunay, Guy Deysson, Pierre Dustin, Pierre Gavaudan, Raoul-Michel May, Charles Oberling, K. W. Thimann, Étienne Wolff, publiés sous la direction de J. André Thomas.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Dufrénoy** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*.

Mmes Vves **Félix Esclangon, Alexandre Proca** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs maris.

Mme **Lucien d'Azambuja**, Mlle **Jeanne Bourguet**, Mmes **René Cachera, Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, Mlle **Anne Faure-Muret**, Mmes **Henri Labrouste, Henri Muraour, Pierre Thévenet**, MM. **Pierre Ailleret, Lucien d'Azambuja, Félix Bertaut, André Blanc-Lapierre, Paul Boudy, Georges Brillouët, Robert Cabarat, Christian Cabrol, Rémy Chauvin, Gustave Choquet, Gaston Cordier, Raymond Daudel, Bernard Decaux, Philippe Duchaufour, Jules Favre, Henry Gault, Henri Gondet, Henri Gridel, Henri Guérin, François Jacob, Pierre A. Jacquet, Alfred Jost, Alfred Kastler, Charles Kayser, Léon Launoy, André Leblond, Henry Le Boiteux, Robert Legendre, Albert Lemée, Serge Lissitzky, André Lwoff, Pierre Massé, Jean Mathey, Pierre Mesnage, Raymond Michel, Georges Morlat, Henri Onde, Adolphe Pacault, René**

Papy, Maurice Ponte, Alfred Quinquaud, René-Marcel de Ribet, Jacques Samain, Max Serruys, Pierre Soulié, Josef Szydlowski, Pierre Thévenet, Jean Trémollières, Jean-Jacques Trillat, Pierre Viallet, Guy Viel, Louis Weil, Élie Wollman adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[lle] **Véra Malycheff**, MM. **Jacques Benoit, François Bruhat, Jean-Pierre Halbron, Émile Henriot, Pierre Jacquard, Pierre Suard, Henri-V. Vallois**, le Général Commandant l'**École Polytechnique**, le Président de la **Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

L'Académie est informée de ce que le **Congrès national des sciences médicales de Bucarest** qui devait avoir lieu le 25 novembre 1956, se tiendra du 5 au 11 mai 1957.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Mémorial des Sciences mathématiques. Fascicule CXXXV. *Mouvements plans d'un fluide en présence d'un profil mobile*, par M. Gérard Couchet;

2° Monographies de Chimie physique. *Les dislocations*, par J. Friedel.

3° Émile François. *Dictionnaire allemand-français et français-allemand. Vocabulaire technique, électricité, radio et éclairagisme*. 2e édition;

4° Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Carte géologique à l'échelle du 1/100 000e. *Feuille de Cayenne et Notice explicative*, par Boris Choubert;

5° *Medida del Tiempo*, por Mariano Martin Lorin;

6° Académie de la République populaire Roumaine. *Revue de Chimie*, Tome I, n° 1. — *Revue de Physique*, Tome I;

7° id. Institut d'Énergétique. *Revue d'Électrotechnique et d'Énergétique*, Tome I, n° 1;

8° id. Institutul de fiziologie normala și patologica. *Studii și cercetari de fiziologie*. 1-2, Anul I;

9° id. Centrul de cercetari metalurgice. *Studii și cercetari de metalurgie*. 1, Anul I;

10° id. *Opera matematica a lui Alexandru Pantazi*;

11° id. Monografii de Tehnica. I. *Sistemul practic general de marimi și unitati. Teori și aplicare de* C. I. Budeanu;

12° id. *Incalzirea prin inductie in joasa și inalta frecventa*, par Christofor Vazaca;

13° *The cardamine pratensis complex outlines of its cytogenetics and taxonomy*, par Börje Lövkvist ((Thèse, Uppsala);

14° *Spallation of medium weight elements*, by Gösta Rudstam (id.);

15° *Learning, problem-solving, and after-effects*, by Åke Fältheim (id.);

16° *Investigations into Spermiogenesis and Sperm Morphology among Invertebrates*, by Åke Franzén (id.);

17° *On spermiogenesis, morphology of the spermatozoon, and biology of fertilization among invertebrates*, by Åke Franzén;

18° *The geological Survey of Japan, its history, organization and work*, by Katsu Kaneko;

19° Univerzitet u Beogradu. *Publikacije elektrotehnickog Fakulteta. Serija: matematika i fisika*, n°s 1, 2, 3.

Il signale également un fascicule polycopié :

Centre national de la Recherche scientifique. *Calendrier des réunions et Congrès scientifiques internationaux prévus pour l'année* 1957.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Construction de pseudomesures sur les ensembles parfaits symétriques*. Note de MM. **Jean-Pierre Kahane** et **Raphaël Salem**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Méthodes pour la construction de pseudomesures vraies sur les ensembles parfaits symétriques.

Le lecteur est prié de se référer à deux Notes précédentes ([1]), ([2]).

Première méthode. — Les points de l'ensemble E étant donnés ([2]) par la formule $2\pi(\varepsilon_1 r_1 + \varepsilon_2 r_2 + \ldots)$ où les ε sont égaux à 0 ou à 1, on pose

$$\psi_k(t) = \frac{1}{4}(1 + e^{2\pi r_k i t} + e^{2\pi r_{k+1} i t} - e^{2\pi (r_k + r_{k+1}) i t})$$

et en se reportant à la Note précédente ([2]) on voit que l'expression

$$\Psi_s = \psi_1 + \psi_3\psi_5 + \psi_7\psi_9\psi_{11} + \ldots + \psi_{m_s}\psi_{m_s+2}\ldots\psi_{m_s+2(s-1)},$$

où $m_s = 1 + s(s-1)$, est (à la constante $(2\pi)^{-1/2}$ près) la transformée de Fourier d'une mesure $d\mu_s$ portée par E, telle que $\int |d\mu_s| = s$, et $\Psi_s = O(1)(s \to \infty)$. On voit facilement que $\mu_s(x)$ converge uniformément vers une fonction $\mu(x)$ dont la variation totale est infinie, et telle que $\int e^{inx}\mu = O(1/|n|)$; $\mu(x)$ est la primitive d'une pseudomesure vraie portée par E. Notons qu'elle est portée par un dénombrable contenu dans E, et ayant l'origine comme seul point d'accumulation.

Deuxième méthode. — Elle donne des pseudomesures dont la primitive est

continue et se base sur le résultat suivant. Soit $y=f(x)$ la « fonction de Lebesgue » construite sur E, c'est-à-dire la fonction continue telle que $y=\Sigma\varepsilon_p 2^{-p}$ quand $x=2\pi\Sigma\varepsilon_p r_p$. Soit $G(y)$ une fonction continue et à variation bornée pour $0\leqq y\leqq 1$, et soit $F(x)=G(f(x))$. Alors dF est une mesure portée par E et on sait que ([3]) en posant

$$c_n(G)=\int_0^{2\pi} e^{inx}\,dF.$$

on a

(1) $$|c_n(G)|=\left|\int_0^1 e^{in\pi\sum_1^\infty r_k\varphi_k(y)}\,dG(y)\right|,$$

les fonctions étant $\varphi_k(y)$ étant les fonctions de Rademacher.

Remarquons maintenant que si nous posons $g_1=(2/3)(\varphi_1+\varphi_2+\varphi_1\varphi_2)$ nous avons

$$\int_0^1 g_1\,dy=0,\qquad \int_0^1 |g_1|\,dy=1$$

et

$$J_1=\int_0^1 e^{in\pi(r_1\varphi_1+r_2\varphi_2)}g_1\,dy=\frac{2}{3}(i\sin n\pi(r_1+r_2)-\sin n\pi r_1\sin n\pi r_2)$$

d'où

(2) $$|J_1|<\frac{2\sqrt{2}}{3}=\alpha<1.$$

Nous poserons

$$g_m(y)=\frac{2}{3}(\varphi_m+\varphi_{m+1}+\varphi_m\varphi_{m+1})$$

et

$$G_1(y)=g_1,\qquad G_2=g_3g_5,\quad \ldots.\quad G_s=g_{m_s}g_{m_s+2}\ldots g_{m_s+2s-1},$$

avec $m_s=1+s(s-1)$. Enfin nous prendrons $H_s=\int_0^y(G_1+G_2+\ldots+G_s)\,dy$.

Ainsi, H_s est à variation bornée pour s fixe, sa variation totale dépendant de s. D'autre part, en divisant l'intervalle $(0,1)$ en intervalles dyadiques de longueur 2^{-m_s-2s+3} on voit que

$$\int_0^y G_s\,dy=O(2^{-s^2}).$$

et que par suite $H_s(y)$ tend uniformément, pour $s\to\infty$, vers une fonction continue $H(y)$. Cette fonction n'est pas à variation bornée. En effet, $H_s(y)$ est représentée par une ligne brisée continue dont tous les sommets appartiennent à $H_{s+1}(y)$. La variation totale de $H_s(y)$ est donc croissante. Comme, d'autre part, les fonctions G_s sont indépendantes, on a

$$\int_0^1|G_1+\ldots+G_s|\,dy>A\sqrt{s},$$

A étant une constante. La variation totale de $H(y)$ est donc infinie.

Enfin en posant $\Gamma_s = \int_0^y G_s dy$ on a d'après (1), (2) et l'indépendance des fonctions de Rademacher

$$(3) \qquad |c_n(\Gamma_s)| < \alpha^s \prod_{k=m_s+2s}^{\infty} |\cos \pi n r_k|.$$

Donc $c_n(H_s)$ est bornée. Ceci prouve que les coefficients de Fourier de $H(f(x))$ sont $O(1/n)$; cette fonction est donc la primitive d'une pseudomesure vraie portée par E.

Remarque sur les ensembles à rapport constant. — Si $r_k = \xi^{k-1}(1-\xi)$, $0 < \xi < 1/2$, l'ensemble E est à rapport constant et la condition nécessaire et suffisante pour que E soit un ensemble d'unicité pour le développement trigonométrique est que $1/\xi$ appartienne à la classe des entiers algébriques dont tous les conjugués (autres que $1/\xi$) sont en module strictement inférieurs à 1 ([4]). Autrement, E est un ensemble de multiplicité et $\prod_{k=1}^{\infty} |\cos \pi n r_k|$ tend vers zéro avec $1/n$. Il en est de même de $\prod_{k=k_0}^{\infty} |\cos \pi n r_k|$ pour k_0 fixe ([5]). Montrons que *dans ce cas les coefficients de Fourier de* $H(f(x))$ *sont* $o(1/n)$. Il suffit pour cela de montrer que $c_n(H_s)$ tend vers zéro avec $1/n$, uniformément en s. Cela résulte de (3), en choisissant s_0 de façon que $\alpha^{s_0} < \varepsilon$ puis n de façon que $\prod_{k=k_0}^{\infty} |\cos \pi n r_k| < \varepsilon$ pour $k_0 \geq m_{s_0} + 2s_0$ et en écrivant

$$c_n(H_s) = c_n(\Gamma_1 + \ldots \Gamma_{s_0}) + c_n(\Gamma_{s_0+1} + \ldots \Gamma_s).$$

([1]) J.-P. Kahane et R. Salem, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1185.
([2]) J.-P. Kahane et R. Salem, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1706.
([3]) Salem, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 41, 1955, p. 49-55.
([4]) R. Salem, et A. Zygmund, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2040.
([5]) Salem, *Trans. Amer. math. Soc.*, 54, 1943, p. 218-228; 63, 1948, p. 595-598.

ALGÈBRE. — *Sur la décomposition en idéaux primaires dans un anneau non nécessairement commutatif.* Note (*) de MM. **Léonce Lesieur** et **Robert Croisot**, présentée par M. Henri Villat.

Nous proposons, pour les anneaux non nécessairement commutatifs, une nouvelle généralisation de la notion d'idéal primaire au moyen d'idéaux que nous appelons idéaux tertiaires. Nous obtenons un théorème d'existence et un théorème d'unicité des décompositions d'un idéal quelconque comme intersection d'idéaux tertiaires qui redonnent comme cas particulier les théorèmes classiques d'E. Noether.

Dans tout ce qui suit, A désigne un anneau non nécessairement commutatif vérifiant la condition de chaîne ascendante ou la condition de chaîne des-

cendante ([1]) pour les idéaux à gauche. Rappelons la définition couramment donnée ([2]) d'un idéal premier et d'un idéal primaire.

Définition 1. — Un idéal bilatère P est dit *premier* si la relation $BC \subseteq P$ entraîne $B \subseteq P$ ou $C \subseteq P$, B et C étant deux idéaux bilatères. Un idéal bilatère Q est dit *primaire* (à droite) si la relation $Q . \cdot B \neq Q$, où B est un idéal bilatère, entraîne l'existence d'un nombre naturel n tel que $B^n \subseteq Q$.

Avec cette définition, on peut, moyennant la condition de chaîne ascendante ou la condition de chaîne descendante, établir les théorèmes d'unicité classiques pour les idéaux représentables comme intersection d'un nombre fini d'idéaux primaires. Mais on sait qu'un idéal n'est pas nécessairement représentable de cette manière ([3]).

D'autre part, H. Fitting ([4]) a proposé une définition différente d'un idéal primaire s'appliquant aux idéaux à gauche et obtenu un théorème d'existence que E. H. Feller ([5]) a récemment complété en donnant un théorème d'unicité. Cette définition d'un idéal primaire Q a l'inconvénient de faire intervenir des idéaux d'un certain sous-anneau de A qui ne sont pas en général des idéaux de A. Pour un idéal à gauche N de A, ce sous-anneau peut varier avec les différentes composantes d'une décomposition de N et l'on est obligé de restreindre considérablement le sous-anneau associé à N, ce qui conduit à des résultats triviaux dans certains cas intéressants ([6]).

Dans cette Note, nous proposons une nouvelle théorie s'appliquant aussi bien aux idéaux bilatères qu'aux idéaux à gauche; cette théorie comporte à la fois un théorème d'existence et un théorème d'unicité et elle redonne dans le cas commutatif la théorie classique d'E. Nœther.

Nous réservons le nom d'idéal primaire à un idéal Q qui satisfait à la définition 1, cet idéal étant soit idéal bilatère soit simplement idéal à gauche. Une première généralisation de la notion d'idéal primaire est alors la suivante :

Définition 2. — Un idéal Q (bilatère ou à gauche) est dit *secondaire* (à droite) si la relation $Q . \cdot B \neq Q$, où B est un idéal bilatère, entraîne l'existence de nombres naturels $k_i (i = 0, 1, \ldots, n ; n \geq 0)$ et d'idéaux bilatères $L_j (j = 1, \ldots, n)$ vérifiant $B^{k_0} L_1 B^{k_1} L_2 B^{k_2} \ldots L_n B^{k_n} \subseteq Q$, avec $Q . \cdot L_j = Q$.

Cette définition donne des résultats intéressants et permet en particulier de généraliser les théorèmes d'unicité habituels. Malheureusement, elle n'assure pas encore dans le cas général un théorème d'existence. C'est pourquoi nous sommes conduits à une nouvelle généralisation :

Définition 3. — Un idéal bilatère Q est dit *tertiaire* (à droite) si l'on a la propriété suivante : B et X étant des idéaux bilatères, $Q . \cdot B \neq Q$ et $(Q . \cdot B) \cap X = Q$ entraînent $X = Q$.

Définition 3'. — Un idéal à gauche Q est dit *tertiaire* (à droite) si l'on a la propriété suivante : B étant un idéal bilatère et X un idéal à gauche, $Q . \cdot B \neq Q$ et $(Q . \cdot B) \cap X = Q$ entraînent $X = Q$ ([7]).

Ces définitions étant posées, on peut démontrer les résultats suivants :

Propriété 1. — *Tout idéal (bilatère ou à gauche) secondaire est tertiaire, et par suite, tout idéal primaire est tertiaire.*

Propriété 2. — *Si* A *est commutatif, la condition nécessaire et suffisante pour qu'un idéal soit tertiaire est qu'il soit primaire.*

Propriété 3. — *Un idéal* Q *(bilatère ou à gauche) tertiaire possède un résiduel à gauche propre premier maximum* P ([8]). *On dit que* P *est l'idéal premier associé à* Q.

Théorème 1. — *Tout idéal* N*(bilatère ou à gauche) est l'intersection d'un nombre fini d'idéaux tertiaires admettant des idéaux premiers associés distincts.*

Une telle représentation, supposée sans élément superflu, est dite *réduite*.

Théorème 2. — *Soit* $N = Q_1 \cap \ldots \cap Q_r = Q'_1 \cap \ldots \cap Q'_s$ *deux décompositions réduites d'un idéal* N. *On a* $r = s$ *et les idéaux premiers associés aux idéaux tertiaires* Q_i *sont les mêmes que les idéaux premiers associés aux idéaux tertiaires* Q'_j.

Notons encore la propriété suivante utile dans la recherche des idéaux tertiaires.

Propriété 4. — *Tout idéal (bilatère ou à gauche) ayant un seul résiduel à gauche propre premier est tertiaire.*

Ces résultats sont extraits d'un travail qui sera publié prochainement; les démonstrations font appel à une extension de la théorie des treillis multiplicatifs résidués ([9]) et s'appliquent en particulier aux idéaux d'un anneau, aux idéaux d'un demi-groupe, et aux sous-modules d'un module sur un anneau non nécessairement commutatif.

Cas particulier d'un anneau avec élément unité vérifiant la condition de chaîne descendante pour les idéaux à gauche.

On démontre les résultats suivants :

Lemme. — *Tout idéal bilatère propre premier est maximal (en tant qu'idéal bilatère propre).*

Théorème 3. — *Les notions d'idéal (bilatère ou à gauche) primal, tertiaire, secondaire coïncident et, pour qu'un idéal soit tertiaire, il faut et il suffit qu'il admette un seul résiduel à gauche propre premier.*

Corollaire. — *Tout idéal bilatère tertiaire est tertiaire en tant qu'idéal à gauche.*

(*) Séance du 5 décembre 1956.

([1]) A n'a pas nécessairement d'élément-unité.

([2]) *Voir* par exemple D. C. Murdoch, *Canadian J. Math.*, 4, 1952, p. 43-57 et H. Tominaga, *Math. J. Okayama Univ.*, 3, 1953, p. 39-46.

([3]) *Voir* par exemple W. Krull, *Math. Z.*, 28, 1928, p. 481-503.

([4]) H. Fitting, *Math. Ann.*, 46, 1935, p. 19-41.

([5]) E. H. Feller, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 81, 1956, p. 342-357.

([6]) Soit, par exemple, le demi-groupe D à cinq éléments o, b, c, d, e dont la multiplication est ainsi définie : $xe = ex = x$ pour tout $x \in D$, $db = b$, $bd = b$, $cd = c$, $dd = d$ et $xy = 0$ dans tous les autres cas. Construisons, sur le corps K des nombres rationnels, une algèbre A dont les éléments générateurs b, c, d, e se multiplient conformément à la

table de multiplication du demi-groupe D précédent et considérons la structure d'anneau de A. L'idéal à gauche $N = (d - e|$ a pour composantes irréductibles les deux idéaux $N_1 = (c, d - e|$ et $N_2 = (b, d - e|$. L'idéal N_1 est bilatère et l'idéal N_2 a pour centralisateur le sous-anneau F engendré par b, d, e. Dans la théorie de E. H. Feller, nous devons donc nous limiter à F qui est le sous-centralisateur de N. On constate alors que le F-radical de N_1 et le F-radical de N_2 coïncident tous les deux avec N_2. Les idéaux N_1 et N_2 sont donc F-primaires de F-radical N_2. Il en est de même de N et le théorème d'unicité de E. H. Feller n'apporte rien pour N. Par contre, dans notre théorie, N_1 est tertiaire, son idéal premier associé étant $P_1 = (b, c, d - e)$ et N_2 est tertiaire, son idéal premier associé étant $P_2 = (b, c, d)$. L'idéal N n'est donc pas tertiaire et nos résultats affirment l'unicité des idéaux premiers P_1 et P_2 dans toute décomposition de N comme intersection d'idéaux tertiaires (il y a d'ailleurs, ici, unicité totale de la décomposition).

(7) *A priori*, un idéal bilatère tertiaire (déf. 3) n'est pas nécessairement tertiaire *en tant qu'idéal à gauche* (déf. 3'). Cependant nous citons plus loin un cas où il en est ainsi (*cf.* corollaire du théorème 3).

(8) Cette propriété caractérise un idéal (bilatère ou à gauche) *primal* (à droite) c'est-à-dire un idéal Q tel que $Q .\cdot B_1 \neq Q$ et $Q .\cdot B_2 \neq Q$, où B_1 et B_2 sont des idéaux bilatères. entraînent $(Q .\cdot B_1) \cap (Q .\cdot B_2) \neq Q$.

(9) Une méthode analogue a déjà été utilisée pour une contribution à l'étude des idéaux, bilatères d'un anneau ou d'un demi-groupe non nécessairement commutatif par L. LESIEUR, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 83, 1955, p. 161-193.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété de certaines équations différentielles d'Euler. Application à la formation de combinaisons linéaires de n fonctions $f_i(t)$ qui admettent pour transformée de Laplace une combinaison linéaire des n fonctions $f_i(s)$.* Note de M. **MAURICE PARODI**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons l'équation d'Euler

$$t^n y^{(n)}(t) + a_1 t^{n-1} y^{(n-1)}(t) + \ldots + a_{n-1} t y'(t) + a_n y(t) = 0, \tag{1}$$

les $a_k (k = 1, 2, \ldots, n)$ étant des constantes.

On sait qu'en posant, au sens de Laplace, $y(t) \supset \varphi(s)$ on a, pour k entier > 0,

$$t^k y^{(k)}(t) \supset (-1)^k \frac{d^k}{ds^k} [s^k \varphi^{(k)}(s) - s^{k-1} y(0)(s) - \ldots - y^{(k-1)}(0)],$$

soit

$$t^k y^{(k)}(t) \supset (-1)^k \left[s^k \varphi^k(s) - \frac{k^2}{1!} s^{k-1} \varphi^{(k-1)}(s) + \ldots \pm k! \varphi(s) \right].$$

Il en résulte que (1) admet la transformée de Laplace

$$\begin{aligned} (2) \quad & s^n \varphi^{(n)}(s) + s^{n-1} \varphi^{(n-1)}(s) \left[\frac{n^2}{1!} - a_1 \right] \\ & + s^{n-2} \varphi^{(n-2)}(s) \left[\frac{n^2(n-1)^2}{2!} - \frac{(n-1)^2}{1!} a_1 + a_2 \right] \\ & + s^{n-3} \varphi^{(n-3)}(s) \left[\frac{n^2(n-1)^2(n-2)^2}{3!} - \frac{(n-1)^2(n-2)^2}{2!} a_1 \right. \\ & \qquad \left. + \frac{(n-2)^2}{1!} a_2 - a_3 \right] \\ & + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ & + \varphi(s) [n! - (n-1)! a_1 + (n-2)! a_2 - \ldots + (-1)^{n-1} a_{n-1} + (-1)^n a_n] = 0. \end{aligned}$$

Cherchons s'il est possible de déterminer les coefficients a_k de manière que l'équation (2) soit identique à (1). Nous devons avoir

$$\frac{n^2}{1!} - a_1 = a_2 \tag{3}$$

$$\frac{n^2(n-1)^2}{2!} - \frac{(n-1)^2}{1!} a_1 + a_2 = a_2 \tag{4}$$

$$\frac{n^2(n-1)^2(n-2)^2}{3!} - \frac{(n-1)^2(n-2)^2}{2!} a_1 + \frac{(n-2)}{1!} a_2 - a_3 = a_3 \tag{5}$$

$$\frac{n^2(n-1)^2(n-2)^2(n-3)^2}{4!} - \frac{(n-1)^2(n-2)^2(n-3)^2}{3!} a_1 + \frac{(n-2)^2(n-3)^2}{2!} a_2 - \frac{(n-3)^2}{1!} a_3 + a_4 = a_4 \tag{6}$$

. . . .

L'équation (3) donne

$$a_1 = \frac{n^2}{2}$$

et en portant dans (4), il apparaît que cette équation est identiquement vérifiée; nous pourrions donc donner à a_2 une valeur arbitraire. De (5) on tire

$$a_3 = \frac{1}{2}\left[-\frac{n^2(n-1)^2(n-2)^2}{2.3!} + \frac{(n-2)^2}{1!} a_2\right]$$

En portant dans (6) les valeurs précédentes de a_1 et a_3 on constate que cette équation est identiquement satisfaite et ainsi de suite.

Il est donc possible de construire des équations d'Euler dont les transformées de Laplace sont identiques à ces équations.

Sont de ce type les équations :

$$t^6 y^{(6)} + 18 t^5 y^{(5)} + a_2 t^4 y^{(4)} + (8 a_2 - 600) t^3 y^{(3)} + a_4 t^2 y'' + (2160 - 24 a_2 + 2 a_4) t y' + a_6 y = 0 \tag{7}$$

$$t^5 y^{(5)} + \frac{25}{2} t^4 y^{(4)} + a_2 t^3 y^{(3)} + \frac{1}{2}(9 a_2 - 300) t^2 y'' + a_4 t y' + \frac{1}{2}(120 - 3 a_2 + a_4) y = 0 \tag{8}$$

$$t^4 y^{(4)} + 8 t^3 y''' + a_2 t^2 y'' + (2 a_2 - 24) t y' + a_4 y = 0, \tag{9}$$

$$t^3 y''' + \frac{9}{2} t^2 y'' + a_2 t y' + \frac{1}{2}(a_2 - 3) y = 0, \tag{10}$$

$$t^2 y'' + 2 t y' + a_2 y = 0. \tag{11}$$

Si donc $r_1, r_2, \ldots, r_n$ sont les racines *simples* de leur équation caractéristique, la fonction

$$\sum_{k=1}^{n} A_k t^{r_k}$$

aura pour transformée

$$\sum_{k=1}^{n} A'_k s^{r_k};$$

ce qui conduit à une solution du problème posé.

Dans le cas où l'équation caractéristique admet des *racines multiples*, l'extension du résultat précédent est immédiate.

Prenons, par exemple, l'équation (11) avec $a_2 = 1/4$

$$t^2 y'' + 2ty' + \frac{1}{4}y = 0.$$

Sa solution générale est

$$\frac{A}{\sqrt{t}} + B\frac{\operatorname{Log} t}{\sqrt{t}},$$

et a pour image une expression de la forme

$$\frac{A'}{\sqrt{s}} + B'\frac{\operatorname{Log} s}{\sqrt{s}}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de Cauchy avec des données sousharmoniques.* Note (*) de M. **Alexandre Weinstein**, transmise par M. Jean Leray.

Étude de l'équation d'Euler-Poisson-Darboux. Transformation généralisée de Tricomi-Cibrario. Extension des théorèmes classiques de F. Riesz et de M. P. Montel sur les moyennes de fonctions sousharmoniques.

Soit $f(x)$ une fonction de $m \geqq 1$ variables $x_1, x_2, \ldots, x_m$. Désignons par $u^k(x, t, f)$ la solution unique du problème singulier de Cauchy pour l'équation d'Euler-Poisson-Darboux

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(t^k \frac{\partial u}{\partial t}\right) = t^k \sum \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2}; \qquad k \geqq 0, \tag{1}$$

avec les données $u = f(x)$, $u_t = 0$ pour $t = 0$. Cette solution est connue explicitement sous des hypothèses de dérivabilité de $f(x)$ qui ont été précisées ailleurs ([1]).

Rappelons que u^{m-1} est la moyenne $M(x, t, f)$ de f sur une sphère de rayon t et de centre x.

On vérifie aisément la formule

$$u^\alpha(x, \sqrt{\tau}, f) = \Gamma\left(\frac{\alpha+1}{2}\right)\Gamma^{-1}\left(\frac{\beta+1}{2}\right)\tau^{\frac{1-\alpha}{2}}\,I^{\frac{\alpha-\beta}{2}}\left\{u^\beta(x, \sqrt{\tau}, f)\,\tau^{\frac{\beta-1}{2}}\right\}, \tag{2}$$

$$\alpha \geqq \beta \geqq 0,$$

ou $I^{(\alpha-3)/2}$ est l'intégrale de Riemann-Liouville. La formule (2) admet une inversion unique. Cette formule ainsi que les résultats précédents conduisent aux théorèmes suivants.

1. Pour $k \geqq m-1$, le maximum et le minimum de $u^k(x, t, f)$ sont égaux aux maximum et minimum de $f(x)$.

Définition. — Nous dirons que $f(x)$ est p-sousharmonique si l'on a

$$\frac{\partial^i M(x, t, f)}{\partial t^i} \geqq 0, \qquad i = 1, 2, \ldots, p. \tag{3}$$

Pour $p = 1$, f est sousharmonique. Les inégalités (3) sont vérifiées si les laplaciens itérés $\Delta^i f$ sont non négatifs pour $i = 1, \ldots, p$.

2. Soit n le plus petit entier tel que $k + 2n \geqq m-1$, $0 \leqq k < m-1$. Supposons (3) vérifiée pour $= n$. Alors le minimum de $u^k(x, t, f)$ sera égale au minimum de $f(x)$.

Transformation généralisée de Tricomi-Cibrario (²). — Introduisons dans (1) la variable $s = t^{1-k}$ pour $k \neq 1$ et $s = \log t$ pour $k = 1$. On trouve alors les théorèmes suivants :

3. Si $f(x)$ est sousharmonique et si $k \geqq m-1$, la fonction $u^k(x, t, f)$ sera convexe en t^{2-m} pour $m > 2$ et en $\log t$ pour $m = 2$. De plus on aura $\partial u^k/\partial t \geqq 0$.

4. Soit $0 \leqq k < m-1$. Admettons les inégalités

$$\frac{\partial^i M(x, t, \Delta f)}{\partial t^i} \geqq 0, \qquad i = 1, 2, \ldots, n. \tag{4}$$

Dans ce cas u^k sera convexe en t^{1-k} pour $k \neq 1$ et en $\log t$ pour $k = 1$. De plus on aura $\partial u^k/\partial t \geqq 0$.

5. Le principe de correspondance pour l'équation (1) montre que, pour $k \neq 1$, la fonction $t^{k-1} u^k$ est convexe en t^{k-1}.

6. Pour $k \to \infty$, $u^k(x, t, f)$ tend vers $f(x)$.

7. Pour $f(x)$ sousharmonique, u^k est une fonction non croissante de k, pour $k \geqq m-1$.

8. Le théorème 7 reste vrai pour toutes les valeurs de $k \geqq 0$ en supposant les hypothèses (4) satisfaites.

(*) Séance du 5 décembre 1956.

(¹) A. Weinstein, *Communications on pure and applied mathematics*, 7, 1954, p. 105-116.

(²) *Loc. cit.* (¹). Pour des valeurs particulières de k et $m = 1$ *voir* F. Tricomi, *Atti della R. Accademia dei Lincei*, 14, 1923, p. 134 et M. Cibrario, *Atti Istituto Lombardo*, 65, 1932, p. 889.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Classification de champs de direction sur une sphère.* Note de M. **Joseph Weier**, présentée par M. Henri Villat.

Soient S^i, pour tout entier positif i, une sphère à i dimensions, n un entier positif >3 et F l'ensemble de tous les champs de direction tangents à S^n. Comme usuellement, soit $\pi_j(S^k)$ le $j^{\text{ème}}$ groupe d'homotopie de S^k. Au cas où le nombre maximum des champs de direction tangents à S^n et mutuellement indépendants est égal à n, le nombre des classes d'homotopie qui composent F et le nombre des éléments du groupe $\pi_n(S^{n-1})$ sont égaux.

D'autre part, il n'existe aucune liaison élémentaire entre le nombre des classes d'homotopie de F et le groupe $\pi_n(S^{n-1})$, si le nombre maximum des champs de direction tangents à S^n et mutuellement indépendants est $< n$.

De plus soit m un entier positif $< n$. Et soit associé à tout point p de S^n un hyperplan $T(p)$ à m dimensions et tangent à S^n, de manière que T soit une fonction continue en p; soit donc T un « continuous field of m-planes » au sens de M. N. Steenrod (1). En outre soit C le sous ensemble de F tel que $g(p) \in T(p)$ pour tout champ de direction g de G et tout point p de S^n. Au cas où existent m champs de direction $g_1, \ldots, g_m$ de G mutuellement indépendants, c'est-à-dire s'il existe un « continuous field of m-frames » appartenant à T [*voir* (1)], on peut facilement réduire le problème de la classification d'homotopie de G à la détermination du groupe $\pi_n(S^{m-1})$. Cependant, l'existence des g_i n'est pas du tout entraînée par l'existence de T. Ainsi la connaissance du groupe $\pi_n(S^{m-1})$ ne suffit pas toujours pour calculer le nombre des classes d'homotopie de G; bien entendu, ces dernières classes étant formées par rapport à T.

Néanmoins, quel que soit le nombre maximum des champs de direction tangents à S^n, on peut montrer :

Théorème. — *Le nombre des classes d'homotopie de* F *est égal à* 2.

A l'aide de ce dernier théorème et d'une démonstration convenable, on peut aussi décider le problème de la classification d'homotopie de G.

(1) *The topology of fibre Bundles*, Princeton, 1951.

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Sur les symboles de Hankel et le calcul de* $J_\nu(z)Y_{\nu+p}(z) - Y_\nu(z)J_{\nu+p}(z)$. Note de M. **Ma Min-Yuan**, présentée par M. Henri Villat.

En précisant les propriétés des symboles de Hankel, l'auteur arrive à donner une expression générale de $J_\nu(z)Y_{\nu+p}(z) - Y_\nu(z)J_{\nu+p}(z)$, où ν, z sont complexes et p, un entier quelconque positif, négatif, ou nul.

1. Pour m entier $\geqq 0$, ν quelconque, les symboles de Hankel sont définis par

$$(\nu, m)=\frac{1}{m!}\left[\nu^2-\left(\frac{1}{2}\right)^2\right]\left[\nu^2-\left(\frac{3}{2}\right)^2\right]\cdots\left[\nu^2-\left(m-\frac{1}{2}\right)^2\right], \qquad \text{avec} \quad (\nu, 0)=1.$$

Il en résulte les relations

$$\text{(A)} \qquad (\nu, m)=(\nu-1, m)\frac{\nu+\left(m-\frac{1}{2}\right)}{\nu-\left(m+\frac{1}{2}\right)}, \qquad (\nu, m)=(\nu+1, m)\frac{\nu-\left(m-\frac{1}{2}\right)}{\nu+\left(m+\frac{1}{2}\right)};$$

$$\text{(B)} \qquad \begin{cases} (\nu+1, m)+(\nu-1, m)=2(\nu, m)+2(2m-1)(\nu, m-1) \\ (\nu+1, 0)+(\nu-1, 0)=2; \\ (\nu+1, m)-(\nu-1, m)=4\nu(\nu, m-1), \\ (\nu+1, 0)-(\nu-1, 0)=0. \end{cases}$$

2. Théorème I. — *Si ν est un nombre complexe quelconque; p un entier positif, négatif ou nul; k un entier positif ou nul, on a*

$$(1) \qquad \sum_{r=0}^{2k+|p|+1}(-1)^r(\nu, r)(\nu+p, 2k+|p|+1-r)=0.$$

On démontre cette propriété par récurrence pour $p\geqq 0$. Pour $p<0$, on pose $p=-q$ et l'on est ramené au cas précédent en prenant comme nouveau nombre complexe $\nu'=\nu+p$.

3. Si l'on pose

$$[\nu+p, \nu]_n=\sum_{r=0}^{n}(-1)^r(\nu+p, n-r)(\nu, r),$$

le théorème I se traduit par l'identité

$$[\nu+p, \nu]_{2k+|p|+1}=0.$$

On montre d'ailleurs que

$$\text{(C)} \qquad \begin{cases} [\nu+p, \nu]_{2n}= [\nu, \nu+p]_{2n}, \\ [\nu+p, \nu]_{2n+1}=-[\nu, \nu+p]_{2n+1}; \end{cases}$$

$$\text{(D)} \qquad \begin{cases} [\nu+p+1, \nu]_0-[\nu+p-1, \nu]_0=0, \\ [\nu+p+1, \nu]_k-[\nu+p-1, \nu]_k=4(\nu+p)[\nu+p, \nu]_{k-1} \end{cases}$$

4. Théorème II. — *Pour ν quelconque; z quelconque; p entier; $J_\nu(z)$ et $Y_\nu(z)$ fonctions de Bessel respectivement de première et de deuxième [d'après Weber (¹)] espèces on a l'identité suivante :*

$$(2) \qquad \frac{\pi}{2}z[J_\nu(z)Y_{\nu+p}(z)-Y_\nu(z)J_{\nu+p}(z)]\equiv\cos\frac{p}{2}\pi\sum_{r=0}^{k}(-1)^r\frac{[\nu+p, \nu]_{2r+1}}{(2z)^{2r+1}}$$
$$-\sin\frac{p}{2}\pi\sum_{r=0}^{k}(-1)^r\frac{(\nu+p, \nu)_{2r}}{(2z)^{2r}}$$

dans laquelle k est un entier positif ou nul tel que $k=0$ pour $p=0$, et $2k<|p|\leq 2k+2$ pour $p\neq 0$.

La démonstration se fait par récurrence. On voit directement que (2) est vraie pour $p=0$. Pour $p>0$, des calculs simples montrent que (2) est encore vraie pour $p=1$, $p=2$. Admettant (2) vraie jusqu'à $p=2m$, on montre qu'elle subsiste pour $p=2m+1$, et $p=2m+2$ en utilisant les propriétés des fonctions de Bessel.

Pour $p<0$, on pose $p=-q$, et l'on est amené au cas précédent en prenant comme nouveau nombre complexe $\nu'=\nu+p$.

5. Remarques sur (2) :

1° Si l'on étend la sommation à un plus grand nombre de termes que le nombre k indiqué dans 4, (2) reste vraie à cause du théorème 1 et quelle que soit la parité de p.

2° Si l'on utilise les polynomes de Lommel ([2]) pour calculer le premier membre de (2), on trouve qu'il est égal à $-R_{p-1,\nu+1}(z)$. Ce qui entraîne l'identité

$$(3)\qquad -R_{p-1,\nu+1}(z)=\cos\frac{p\pi}{2}\sum_{r=0}^{k}(-1)^r\frac{[\nu+p,\nu]_{2r+1}}{(2z)^{2r+1}}-\sin\frac{p\pi}{2}\sum_{r=0}^{k}(-1)^r\frac{[\nu+p,\nu]_{2r}}{(2z)^{2r}}.$$

Cette relation peut servir de définition aux polynomes de Lommel même pour $p<0$.

3° L'identité (2) joue un rôle important dans l'utilisation des développements asymptotiques des fonctions de Bessel, rôle que nous ferons connaître dans une prochaine publication.

([1]) WATSON, *Theory of Bessel functions*, 1944, p. 64.
([2]) LOMMEL, *Math. Ann.*, 4, 1871, p. 108-116.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Les transformations crémoniennes entières et les espaces à connexion affine.* Note de M. **GEORGES VRANCEANU**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

On montre qu'à toute transformation crémonienne entière on peut associer un espace A_n à connexion affine polynomiale, équivalent en grand avec l'espace euclidien E_n et l'on met en évidence une classe de transformations crémoniennes entières qui ne sont pas des transformations de Jonquière et les espaces A_n correspondante.

Étant donné un espace A_n à connexion affine Γ^i_{jk} localement euclidien, on peut associer à l'espace le système d'équations aux dérivées partielles

$$(1)\qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^j\partial x^k}=-\Gamma^s_{jk}\frac{\partial u}{\partial x^s}$$

qui possèdent n solutions indépendantes

(2) $$u^i = u^i(x^1, \ldots, x^n).$$

Inversement, à une transformation invertible (2) on peut associer par les équations (1) un espace A_n localement euclidien, les variables u^i étant pour l'espace A_n des coordonnées cartésiennes. Dans le cas où Γ^i_{jk} sont des fonctions analytiques entières les u^i sont aussi des fonctions analytiques entières et inversement. En ce cas l'espace A_n est globalement équivalent avec l'espace euclidien $E_n(u^1, \ldots, u^n)$ si les fonctions inverses des (1) sont aussi des fonctions analytiques entières [1] et la condition nécessaire et suffisante pour que cela arrive est que les équations finies $x^i = x^i(t)$ des courbes autoparallèles de A_n soiént des fonctions entières en t.

Si les u^i dans les formules sont des polynomes il en est de même des Γ^i_{jk} seulement si le déterminant $\Delta = |\partial u^i/\partial x^j|$ est une constante $k \neq 0$ et en ce cas la connexion contractée $\Gamma_k = \Gamma^i_{ik}$ est nulle et inversement. On sait d'autre part par un théorème de Engel-Segre [2] que $\Delta = k$ constitue la condition nécessaire et suffisante pour que (2) avec u^i des polynomes soit une transformation crémonienne entière, donc que les formules inverses de (2) soient aussi des polynomes. Nous avons ainsi le théorème :

A toute transformation crémonienne entière (2) *correspond un espace* A_n *localement euclidien, équivalent en grand avec l'espace euclidien* E_n, *à connexion affine entière et à connexion contractée nulle.*

La réciproque est aussi vraie si l'espace A_n est à connexion affine constante (Γ^i_{jk} des constantes) et nous avons le théorème :

Étant donné un espace A_n *localement euclidien à connexion constante équivalent en grand avec l'espace euclidien* E_n, *les* u^i *des formules* (2) *sont des polynomes.*

On peut montrer que la réciproque n'est pas vraie si l'on renonce à la condition d'équivalence en grand, c'est-à-dire que la transformation (2), qui correspond à une connexion affine entière Γ^i_{jk} localement euclidienne à connexion contractée nulle peut n'être pas crémonienne entière.

Il en résulte que la détermination des transformations crémoniennes entières équivaut à la détermination d'une classe des espaces A_n à connexion affine polynomiale et localement euclidiens à connexion contractée nulle.

En ce qui concerne la détermination des transformations crémoniennes entières, Yung a montré [3] que pour $n = 2$ elles sont toutes des transformations de Jonquière, donc se réduisent à la forme canonique

$$u^1 = x^1, \qquad u^2 = x^2 + \varphi(x^1),$$

où φ est un polynome. D'autre part un espace A_2 à connexion contractée nulle $\Gamma^1_{11} = -\Gamma^2_{21}$, $\Gamma^2_{22} = -\Gamma^1_{12}$ est localement euclidien si les composantes Γ^1_{22},

Γ^2_{11}, Γ^2_{21}, Γ^1_{12} de la connexion satisfont aux équations aux dérivées partielles

$$(4) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \Gamma^1_{22}}{\partial x^1} - \dfrac{\partial \Gamma^1_{12}}{\partial x^2} + 2\Gamma^1_{22}\Gamma^2_{21} + 2(\Gamma^1_{21})^2 = 0, \\ \dfrac{\partial \Gamma^2_{11}}{\partial x^2} - \dfrac{\partial \Gamma^2_{21}}{\partial x^1} + 2\Gamma^2_{11}\Gamma^1_{12} + 2(\Gamma^2_{21})^2 = 0, \\ \dfrac{\partial \Gamma^1_{12}}{\partial x^1} + \dfrac{\partial \Gamma^2_{21}}{\partial x^2} + \Gamma^1_{22}\Gamma^2_{11} - \Gamma^1_{12}\Gamma^2_{21} = 0. \end{cases}$$

Le problème revient donc à affirmer qu'étant donné une solution polynomiale de ce système, si la solution (2) des (1) est aussi polynomiale, cette solution est formée d'un certain nombre de transformations de Jonquière.

Dans le cas $n \geq 3$ nous avons comme exemples des transformations crémoniennes entières, les transformations de Jonquière

$$(5) \qquad u^1 = x^1, \qquad u^2 = x^2 + \varphi^2(x^1), \qquad \ldots, \qquad u^n = x^n + \varphi^n(x^1, \ldots, x^{n-1}),$$

où $\varphi^2, \ldots, \varphi^n$ sont des polynomes. Quant à la connexion correspondante elle satisfait aux conditions $\Gamma^i_{jk} = 0$ si $i \leq j$ ou $i \leq k$.

Nous avons aussi, comme exemples des transformations crémoniennes entières, les transformations

$$(6) \quad u^i = x^i, \qquad u^\alpha = a^\alpha_\beta x^\beta + a^\alpha \qquad (i, j, k = 1, \ldots, m;\ \alpha, \beta, \gamma = m+1, \ldots, n),$$

où a^α_β, a^α sont des polynomes en $x^1, \ldots, x^m$ à déterminant $|a^\alpha_\beta|$ constant. Quant à la connexion correspondante elle est donnée par les formules

$$(7) \qquad \begin{cases} \Gamma^i_{jk} = 0, \qquad \Gamma^\alpha_{\gamma\beta} = 0; \\ \dfrac{\partial a^\alpha_\beta}{\partial x^j} = \Gamma^\gamma_{j\beta} a^\alpha_\gamma, \qquad \dfrac{\partial^2 a^\alpha_\beta}{\partial x^i \partial x^j} x^\beta + \dfrac{\partial^2 a^\alpha}{\partial x^i \partial x^j} = -\Gamma^\gamma_{ij} a^\alpha_\gamma. \end{cases}$$

On peut aussi observer que les transformations (5) et (6) sont valables pour φ et a fonctions analytiques entières et les espaces A_n correspondants continuent à être équivalents en grand avec l'espace euclidien.

(1) G. Vranceanu, *Lectii geometrie diferentială*, 2, 1951, Bucarest, p. 353.

(2) W. Engel, *Math. Ann.*, 130, 1955, p. 11-19; B. Segre, Communication faite au *IIIe Congrès des Mathématiciens soviétiques*, juin, 1956, Moscou.

(3) W. E. Yung, *J. reine angew. Math.*, B 184, 1942, p. 161.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Évaluation de l'erreur sur un pas dans la méthode de Runge-Kutta.* Note de M. **Henri Morel**, présentée par M. Joseph Pérès.

On évalue l'erreur commise sur un pas dans la méthode de Runge-Kutta, à l'aide des quantités calculées au cours de l'intégration. Certaines formules obtenues sont applicables à d'autres procédés.

Dans ce qui suit, y_n désigne la valeur au point d'abscisse $x_n (x_{n+1} = x_n + h)$ de la solution de $y' = f(x, y)$ prenant en x_{n-1} la valeur $\tilde{y}_{n-1}$; $\tilde{y}_n$ désigne la

valeur numérique obtenue en x_n pour la solution du même problème, avec la méthode de Runge-Kutta ; l'erreur sur un pas se note $\varepsilon_n = \tilde{y}_n - y_n$. La quantité $K_n = \tilde{y}_{n+1} - \tilde{y}_n$ est donnée dans la méthode de Runge-Kutta par $K_n = \sum_{i=1}^{i=q} A_{n,i} K_{n,i}$ où les $K_{n,i}$ sont des valeurs, en des points appropriés du plan d'abscisses $x_n + \theta_i h$, de la fonction $hf(x, y)$ $(0 \leqq \theta_i \leqq 1)$. En particulier $K_{n,1} = hf(x_n, \tilde{y}_n)$.

On connaît des formules d'évaluation de l'erreur sur un pas à l'aide des seules quantités $K_{n,i}$ dans le cas $q = 2$ (¹) ; la présente étude est relative aux cas $q = 3$ et $q = 4$.

1° Si les quantités $K_{n,i}$ sont prises sur un nombre minimum de pas, on est conduit à des formules non linéaires ; par exemple, pour la formule de Heun $q = 3$, $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = 1/2$, $\theta_3 = 1$ (²) :

$$\varepsilon_{n+1} = \frac{1}{3}\left(A_n - \frac{B_n C_n}{D_n}\right) + O(1) h^6 = \tilde{\varepsilon}_{n+1} + O(1) h^5,$$

où

$$A_n = \frac{1}{4}(K_{n-1,1} - 4 K_{n-1,2} - 3 K_{n-1,3} + 9 K_{n,1} - 4 K_{n,2} + K_{n,3}),$$

$$B_n = 2 K_{n-1,2} - K_{n-1,2} + K_{n,3} - 2 K_{n,2},$$

$$C_n = K_{n-1,2} - K_{n,1} - K_{n,2} + K_{n,3},$$

$$D_n = 2(K_{n,2} - K_{n,1}).$$

Pour $y' = y$, $h = 0,1$ on trouve $\tilde{\varepsilon}_n = 1,3\, \varepsilon_n$; pour $h = 0,01$, $\tilde{\varepsilon}_n = 1,07\, \varepsilon_n$. Le terme en h^6 de ε_n a une forme compliquée ; il en est de même pour les formules obtenues pour $q = 4$, à l'aide de neuf quantités $K_{n,i}$ consécutives.

2. En prenant les quantités $K_{n,i}$ sur un plus grand nombre de pas, on peut obtenir des expressions linéaires qui ont même partie principale que l'erreur ou coïncident avec elle jusqu'à un ordre plus élevé.

Pour $q = 4$, on a obtenu

a.
$$\frac{19 K_n + 10 K_{n-1} + K_{n+1}}{30} - \frac{K_{n-1} + 6 K_{n,1} + 3 K_{n-1,1}}{10} = \varepsilon_{n+1}\left(1 - \frac{1}{2} h f_y\right) - \frac{3}{10} h^6 C'_n + \frac{1}{600} h^6 y^{VI} + O(1) h^7,$$

où

$$2 h^6 C'_n = \varepsilon_{n+2} - \varepsilon_n.$$

Si l'erreur varie rapidement, ce terme ne pourra être négligé.

b.
$$K_n - \frac{19}{30} K_{n,1} - \frac{173}{360} K_{n+1,1} + \frac{19}{720} K_{n+2,1} - \frac{11}{720} K_{n-2,1} + \frac{37}{360} K_{n-1,1} = \varepsilon_{n+1}\left(1 - \frac{1}{2} h f_y\right) + \frac{11}{1440} h^6 y^{VI} + O(1) h^7.$$

c. Pour obtenir une expression de l'erreur au septième ordre près, on peut

utiliser aussi

$$K_n - \frac{19}{30} K_{n,1} - \frac{1\,439}{2\,880} K_{n+1,1} + \frac{1}{24} K_{n+2,1} - \frac{11}{360} K_{n-2,1} + \frac{39}{220} K_{n-1,1}$$
$$- \frac{11}{2\,880} (K_{n+3,1} - K_{n-3,1}) = \varepsilon_{n+1}\left(1 - \frac{1}{2} h f_y\right) + O(1)\, h^7,$$

d. On utilise maintenant les quantités $K_{n,i}$ écrites dans le tableau suivant :

	K_{n-2}.	K_{n-1}.	K_n.	K_{n+1}.	K_{n+2}.	$K_{n-2,1}$.	$K_{n-1,1}$.	$K_{n,1}$.	$K_{n+1,1}$.	$K_{n+2,1}$.
(1).........	5	-14	12	-2	-1	-2	2	6	-10	4
(2).........	9	-18	8	2	-1	$-\frac{10}{3}$	$-\frac{2}{3}$	14	$-\frac{38}{3}$	$\frac{8}{3}$
(3).........	$\frac{1}{280}$	$\frac{89}{420}$	$\frac{239}{420}$	$\frac{89}{420}$	$\frac{1}{280}$	0	$-\frac{1}{14}$	$-\frac{3}{7}$	$-\frac{3}{7}$	$-\frac{1}{14}$

Les formes (1) et (2) sont du septième ordre et peuvent servir à des vérifications. La forme (3) a pour valeur

$$U_n = \varepsilon_{n+1}\left(1 - \frac{1}{2} h f_y - \frac{1}{3} h^2 D f_y + \frac{1}{12} h^2 f_y^2\right) + \frac{1}{12} C' f_y h^7 + \frac{19}{84} C'' h^7 - O(1)\, h^8.$$

La partie principale de $O(1)h^8$ est équivalente à

$$\frac{1}{840}\left[h^8 f_y (95\,C'' - 70\,D') + C' h^8 (155\,D f_y + 35 f_y^2) + h^3 U_n (200\,D^2 f_y + 200 f_{yy} D f - 70 f_y D f_y)\right].$$

On calcule d'abord les quantités

$$C' h^6 + D' h^7 = \frac{\varepsilon_{n+1} - \varepsilon_{n-1}}{2} + O(1)\, h^8 \qquad \text{et} \qquad C'' h^7 = \varepsilon_{n+2} + \varepsilon_n - 2 + \varepsilon_{n+1} + O(1)\, h^9$$

en y remplaçant ε_{n+1} par U_n ; on a alors ε_{n+1} au huitième ordre près ; on corrige C', C'' et on calcule le terme du huitième ordre, si besoin est.

La forme (3) permet ainsi de calculer ε_{n+1} au neuvième ordre près ; il suffit d'avoir des valeurs grossières de f et de ses dérivées ; le premier terme en $h^p y^p$ apparaissant dans le développement de U_n est $3,5 . 10^{-5} h^9 y^{IX}$.

Voici les résultats obtenus pour $y' = -2x . y^2$, $y(0) = 1$, le procédé utilisé étant le procédé classique $q = 4$, $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = 1/2$, $\theta_3 = 1/2$, $\theta_4 = 1$. $\tilde{\varepsilon}_{n+1}$ désigne la valeur approchée de l'erreur sur un pas, obtenue en négligeant $O(1)h^8$, qui donne d'ailleurs la troisième décimale exacte de ε_{n+1}, aux erreurs d'arrondi près.

x.......	0,3.	0,4.	0,5.	0,6.	0,7.	0,8.	0,9.	1.	1,1.	1,2.	1,3.
$10^9 U_n$...	252	118	-49	-199	-299	-347	-348	-323	-283	-238	-195
$10^9 \varepsilon_{n+1}$...	255	115	-51	-193	-283	-322	-318	-293	-255	-213	-174
$10^9 \varepsilon_{n+1}$...	256	118	-51	-194	-286	-325	-322	-296	-257	-215	-177

Les formules où ne figurent que les $K_{n,1}$ et K_n sont valables pour tout procédé d'intégration utilisant ces quantités, pourvu que l'erreur soit d'un

ordre donné : $\varepsilon_n = C(x, y) h^5 + D(x, y) h^6 + E(x, y) h^7 + F(x, y, h) h^8$, où les fonctions C, D, E, admettent des dérivées, jusqu'à l'ordre 3 pour C, etc.

L'utilisation des quantités $K_{n,i} (i > 1)$ restreint le champ d'application des formules auxquelles on est conduit et n'apporte pas de simplification ; les $K_{n,3}$ peuvent être utilisées dans le cas particulier du procédé à quatre point déjà cité.

(1) J. Kuntzmann, *Problèmes différentiels de conditions initiales*, p. 19. Cours de l'Université de Grenoble, 1955-1956.

(2) L. Collatz, *Numerische Behandlung von differential Gleichungen*, p. 499, Springer Verlag, Berlin-Ojöttingen-Heidelberg, 1955.

MÉCANIQUE. — *Synchronisation des oscillateurs non linéaires, critère général de stabilité*. Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Henri Villat.

I. Recherche de solutions synchronisées. — Nous conserverons les notations et définitions antérieures. La méthode du diagramme mobile précédemment développée (1) nous a conduit à déterminer le régime synchronisé de certains ocillateurs non linéaires à partir d'équations de la forme

$$H(a, j\omega)\, a e^{j\varphi} = F \tag{1}$$

($F \cos \omega t$, action synchronisante ; $a \cos(\omega t + \varphi)$, régime synchronisé cherché).

1° Si les données sont F et ω, on construit dans le plan complexe la *courbe équipulsation* (ω). On coupe (ω), cotée en amplitudes, par le cercle de rayon F centré à l'origine. Les arguments des points d'intersection représentent, au signe près, les phases φ, et les cotes correspondantes sont les amplitudes synchronisées ;

2° Si les données sont F et a, la construction reste valable à condition de remplacer (ω) par la *courbe équiamplitude* (a), cotée en pulsations ;

3° L'équation aux points d'intersection des deux diagrammes précédents avec le cercle de rayon F s'obtient en égalant les carrés des modules des deux membres de (1).

$$\xi(a, \omega) \equiv |H(a, j\omega)|^2 a^2 = F^2. \tag{2}$$

Selon que les données sont F et ω, ou F et a, c'est une équation en a ou en ω.

4° Les lieux des points de contact des équipulsations (ω) et des cercles (F), ou des équiamplitudes (a) et des cercles (F), sont obtenus en exprimant que l'équation (2) admet une solution double soit en a, soit en ω. D'où les conditions qui définissent ces lieux

$$\frac{\partial \xi}{\partial a} = 0 \quad \text{ou} \quad \left[1 + \frac{a}{2}\frac{\partial}{\partial a}\right] |H(a, j\omega)|^2 = 0 \qquad (\text{lieu } C_\omega),$$

$$\frac{\partial \xi}{\partial \omega} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{\partial}{\partial \omega} |H(a, j\omega)|^2 = 0 \qquad (\text{lieu } C_a).$$

Notons que la méthode suivie fait apparaître les rôles symétriques joués par les courbes équiamplitudes et les courbes équipulsations. Elle définit d'autre part, dans le plan complexe, *deux séparatrices*, les lieux C_ω et C_a.

2. Critère général de stabilité. — Ayant obtenu par la méthode indiquée ci-dessus les solutions synchronisées possibles, il faut savoir si elles correspondent à des régimes stables. Un calcul, qu'il serait un peu long de développer ici, généralise une équation antérieure ([1]) et conduit à la condition de stabilité :

$$\left[1+\frac{a}{2}\frac{\partial}{\partial a}\right]|H(a, j\omega+q)|^2\varepsilon=0. \tag{3}$$

Pour l'obtenir, on suppose que la solution synchronisée trouvée subit une petite modification, de module $\varepsilon(t)$. q représente alors l'opérateur d/dt agissant sur $\varepsilon(t)$. De plus, comme $\varepsilon(t)$ est très petit, il est légitime de négliger les puissances de q supérieures à 2. Ainsi l'équation (3) est une équation différentielle du second ordre en ε, d'où résulte la discussion des conditions de stabilité. Le régime est évidemment stable si l'équation en $\varepsilon(t)$ est du type amorti.

Limites de stabilité. — Le premier membre de (3) est un polynome du second degré en q, posons

$$\left[1+\frac{a}{2}\frac{\partial}{\partial a}\right]|H(a, j\omega+q)|^2=Aq^2+Bq+C, \tag{4}$$

où q est le symbole d/dt.

La discussion de la stabilité des régimes synchronisés se ramène donc à l'étude des signes de A, B, C. Or les conditions $A(a, \omega)=0$, $B(a, \omega)=0$ et $C(a, \omega)=0$ définissent dans le plan complexe trois courbes comme lieux des points d'intersection d'équiamplitudes et d'équipulsations associées. De plus il est aisé de vérifier que lorsqu'on franchit une telle courbe le coefficient correspondant change de signe. Ainsi on limite, dans le plan complexe, des plages de stabilité et d'instabilité. En particulier, on voit à partir de (4) que l'on a

$$C=\left[1+\frac{a}{2}\frac{\partial}{\partial a}\right]|H(a, \omega)|^2,$$

donc la courbe $C=O$ est justement la séparatrice C_ω définie plus haut. Si l'on pose

$$\xi(a, \omega, q)=|H(a, j\omega+q)|^2a^2,$$

ce qui généralise l'expression (2), l'équation (4) conduit à limiter les plages de stabilité du plan complexe par les trois courbes

$$C(a, \omega)=0 \quad \text{ou} \quad \left(\frac{\partial\xi}{\partial a}\right)_{q=0}=0,$$

$$B(a, \omega)=0 \quad \text{ou} \quad \left(\frac{\partial^2\xi}{\partial a\,\partial q}\right)_{q=0}=0.$$

$$A(a, \omega)=0 \quad \text{ou} \quad \left(\frac{\partial^3\xi}{\partial a\,\partial q^2}\right)_{q=0}=0.$$

Remarque. — Comme ce critère de stabilité reste valable dans le cas limite où $F = 0$, il permet d'étudier aussi la stabilité des régimes libres.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1741; *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 527, *Ibid.* p. 636.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le champ aérodynamique au voisinage de l'orifice d'un résonateur allongé.* Note de MM. **Joseph-Maurice Bourot** et **Raymond Brun**, présentée par M. Henri Villat.

Les expériences qui font l'objet de cette Note ont été réalisées au moyen d'un tuyau, de longueur 180 cm et de section 20×40 cm, dont chaque extrémité était fermée par la membrane d'un haut-parleur.

Les deux haut-parleurs, connectés en phase, reçoivent une modulation sinusoïdale, engendrant dans le tuyau un champ vibratoire, parallèle à son axe et réglable en fréquence et en amplitude.

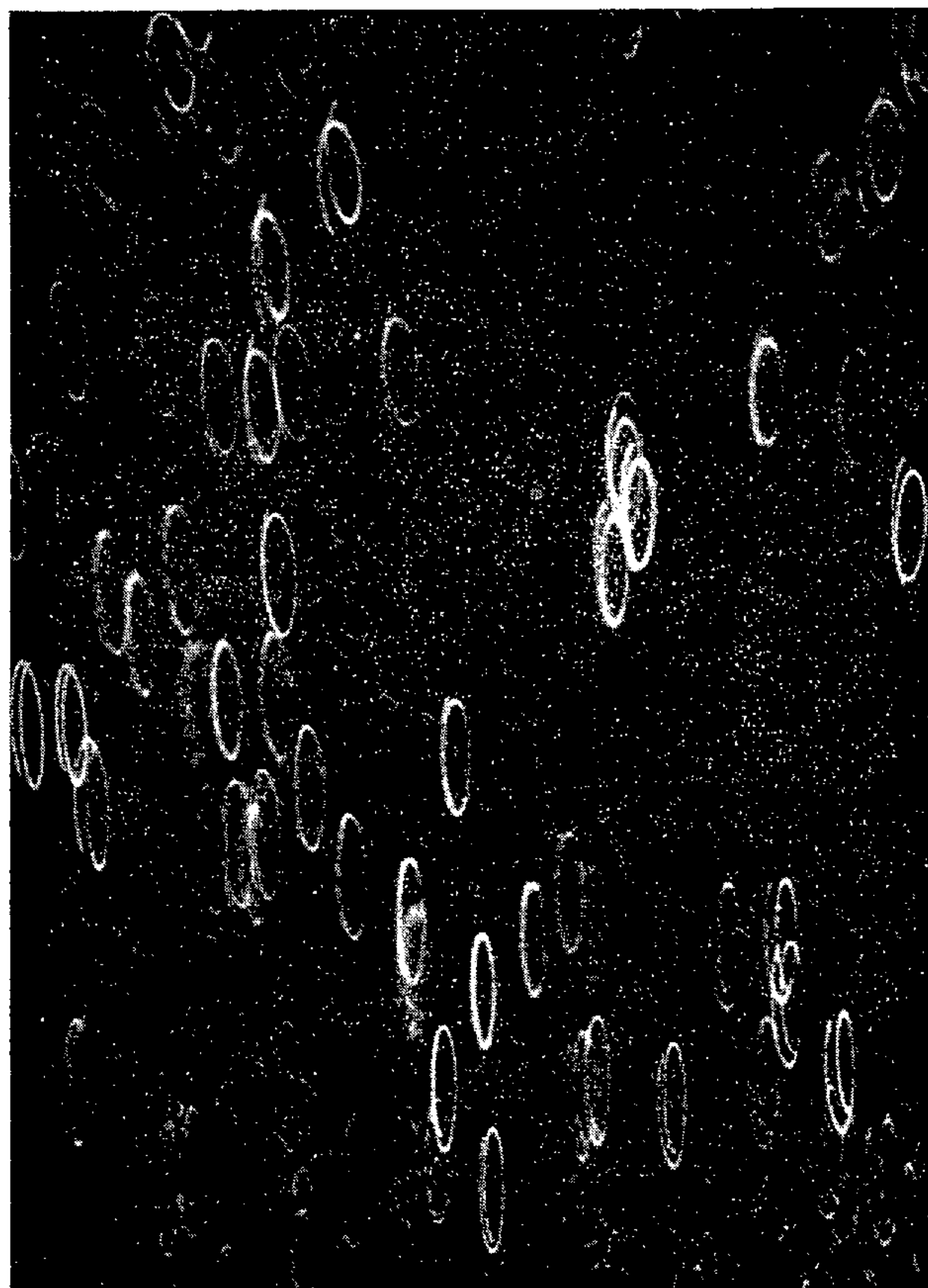


Fig. 1 — Champ aérodynamique au voisinage de l'orifice, à la fréquence 20 Hz.

La partie médiane du tuyau est alors une région d'amplitude maximum et de pression stationnaire. Une étroite fente réglable y est ouverte, normalement à l'axe du tuyau et sur toute la hauteur de l'une des parois latérales.

L'expérience montre que cette ouverture provoque, à certaines fréquences, l'apparition d'un second régime vibratoire, normal à l'axe du tuyau et correspondant à l'excitation de l'enceinte par résonance sur ses fréquences propres. On constate, en outre, que ce régime se superpose au précédent sans l'altérer sensiblement.

La visualisation du champ aérodynamique, au voisinage de l'orifice, par mise en suspension de fines particules, révèle que les trajectoires de l'air affectent des formes très caractéristiques, qui, dans le plan médian du tuyau, se résolvent en ellipses et en lemniscates de Gerono (*fig.* 1 et 2).

L'étude théorique de ce phénomène implique d'abord la détermination des résonances propres du système couplé tuyau-haut-parleurs, en l'absence de modulation; moyennant quelques hypothèses peu restrictives, on aboutit à des

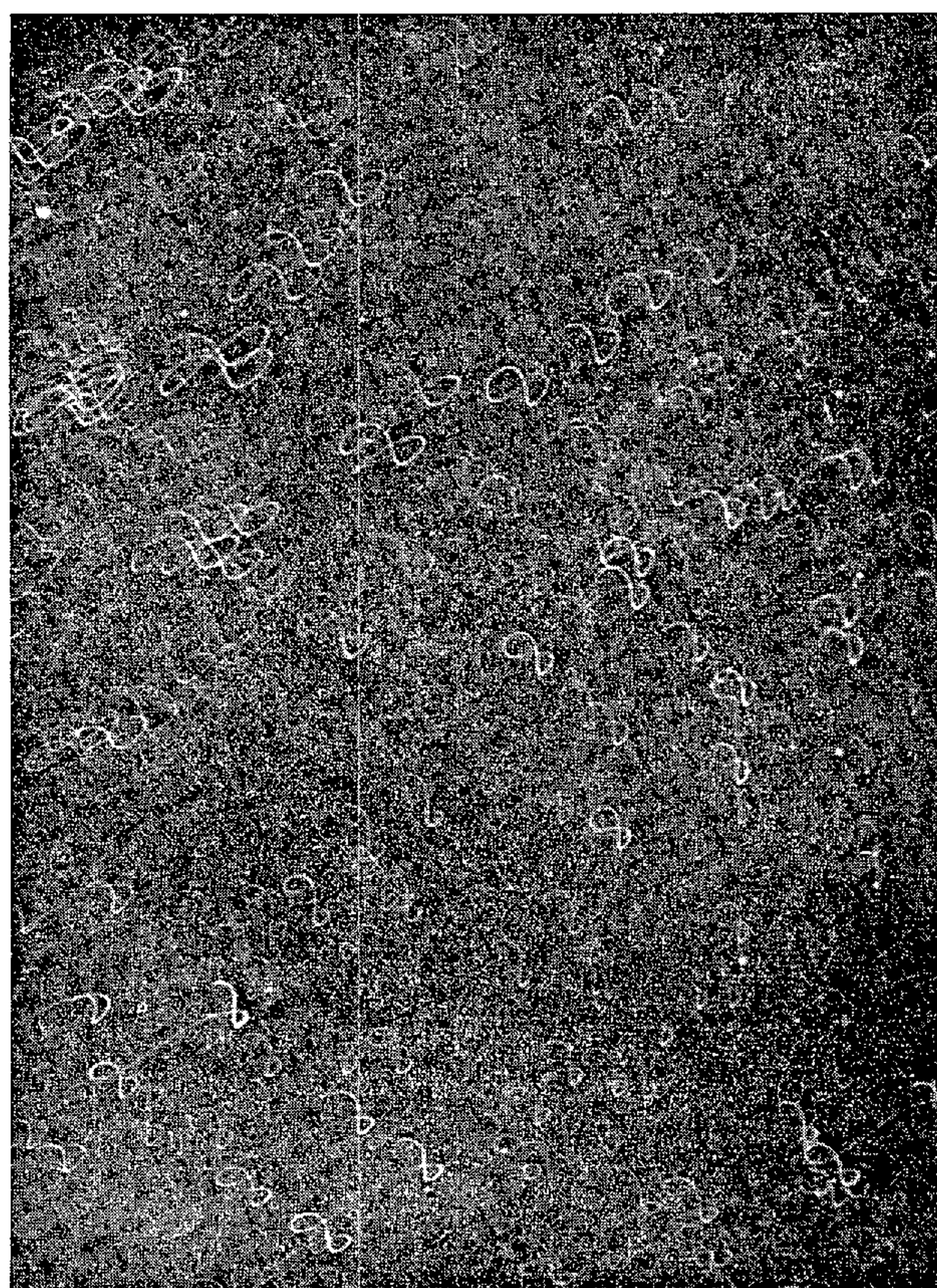


Fig. 2. — Champ aérodynamique au voisinage de l'orifice, à la fréquence 10 Hz.

résonances multiples, dont les pulsations ω sont racines de l'équation

$$\operatorname{tg}\frac{\omega L}{c} = \frac{c}{\omega S}\,\frac{(2\rho R S^2 + m)\omega^2 - k}{2R(m\omega^2 - k) - \rho c^2}$$

dans laquelle L et S désignent la demi-longueur et la section du tuyau, R la résistance de la fente, k et m la constante de rappel et la masse de la membrane d'un haut-parleur, ρ la masse spécifique de l'air et c la vitesse du son.

Avec les valeurs numériques qui correspondent au matériel utilisé, les fréquences des résonances les plus graves se situent respectivement à 20 et 80 Hz.

Par ailleurs, en supposant que le rôle de la compressibilité de l'air est négligeable dans les conditions de nos expériences et dans la région étudiée, les lignes de vibration au voisinage de l'orifice et les équations paramétriques des trajectoires se calculent par des méthodes dérivées de la représentation conforme.

Enfin, pour les fréquences 20 et 80 Hz, auxquelles apparaissent les ellipses, l'étude des conditions d'excitation du résonateur par la modulation imposée révèle, dans le plan médian, un déphasage d'un quart de période entre les deux régimes vibratoires.

Aux fréquences 10 ou 40 Hz correspondent les lemniscates : la vibration transversale du résonateur, conservant sa fréquence propre 20 ou 80, est excitée par l'harmonique 2 qui se trouve présente, bien qu'à un faible degré, dans la vibration longitudinale.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les lois approchées de la houle de Gertsner en profondeur finie.* Note de MM. **Julien Kravtchenko** et **André Daubert**, présentée par M. Henri Villat.

On doit à Mme Dubreil-Jacotin [1] des résultats fondamentaux concernant l'existence des houles planes, périodiques, se propageant dans une couche de liquide parfait, pesant, de profondeur constante H (H pouvant être infini). L'auteur précité a montré, notamment, qu'à chaque répartition arbitraire du tourbillon dans un élément d'onde (assujettie, toutefois, à être du premier ordre, au plus, par rapport à l'amplitude A de l'onde fondamentale et à vérifier une condition de Hölder dans la masse liquide; de plus, le tourbillon doit s'annuler assez vite avec la profondeur pour $H = \infty$) correspondait une houle définie, présentant des axes de symétrie verticaux, dont la célérité c, fonction analytique de A, dépend aussi du choix de la répartition tourbillonnaire et tend vers la célérité d'Airy, lorsque $A \to 0$.

Il ne semble pas que l'attention des techniciens ait été suffisamment attirée sur la portée pratique de ces théorème d'existence : la notion de longueur d'onde n'a, en particulier, de sens défini qu'au premier ordre près en A,

à moins de préciser, *a priori*, dans chaque cas particulier, la distribution du tourbillon. Ce fait analytique donne, peut-être, l'explication des anomalies observées dans les mesures expérimentales de la longueur d'onde. Il y a donc intérêt, au point de vue pratique, à avoir à sa disposition les solutions approchées explicites du problème de la houle, correspondant à des états tourbillonnaires les plus variés possibles.

Nous donnons, ci-après, les formules résolutives, exactes au quatrième ordre près en A (ce qui suffit pour les besoins de la pratique) pour l'onde du type de Gertsner en profondeur finie, dont on trouvera les principales propriétés au paragraphe 20 de D : rappelons que les lois d'une telle houle s'expriment au moyen de fonctions analytiques en A et que les trajectoires des particules sont fermées et décrites dans le même temps T; la répartition tourbillonnaire correspondante est alors déterminée sans ambiguité.

Notre méthode est une variante de celle de R. Miche [2] et semble spécialement bien adaptée au cas particulier envisagé; elle offre, de plus, l'avantage de fournir les approximations pour c en même temps que pour le profil de l'onde. Nous montrerons, ailleurs, que ce mode de calcul peut servir dans l'étude d'autres types d'onde, même dans les houles à distribution tourbillonnaire de premier ordre en A.

Opérons en axes fixes Oxy, Ox étant orienté dans le niveau moyen du liquide et Oy étant vertical ascendant. Posons $\mu(A)=2\pi/\lambda$, $\nu=2\pi/T$, λ étant la longueur d'onde, inconnue *a priori*, correspondant à la période T donnée. D'après D, les équations paramétriques, à A^4 près, de la trajectoire d'une particule, peuvent être écrites sous la forme

$$(1)\qquad \begin{cases} x = x(x_0, y_0, t) = x_0 + \sum_{n=1}^{3} b_n(y, A)\sin n\nu; \\ y = y(x_0, y_0, t) = y_0 + \sum_{n=1}^{3} c_n(y_0, A)\cos n\nu + F(y_0, A); \end{cases}$$

les fonctions μ, F, b_n, c_n étant inconnues, holomorphes en A, pour A assez petit, les trois dernières étant nulles pour $A = 0$; x_0 et y_0 sont les coordonnées moyennes de Miche : $-\infty < x_0 < \infty$, $-H \leq y_0 \leq 0$.

Nous avons, à l'ordre d'approximation adopté près,

$$(2)\qquad \begin{cases} b_n = \sum_{i=1}^{3} \frac{1}{i!} A^i \frac{\partial^i b_n}{\partial A^i}(y_0, 0) = \sum_{i=1}^{3} \frac{1}{i!} A_i b_n^i(y_0), \\ \sin n\nu = \sin n\nu_0 + A\mu'_0 n x_0 \cos n\nu_0 + \frac{A^2}{2} n x_0 [\mu''_0 \cos n\nu_0 - n x_0 \mu'^2_0 \sin n\nu_0], \\ \mu = \mu_0 + A\mu'_0 + \frac{A^2}{2}\mu''_0, \qquad \nu_0 = \mu_0 x_0 - \nu t \end{cases}$$

et des formules analogues pour c_n, F et $\cos n\nu_0$. D'après (2), les seconds

membres de (1) seront des polynomes du troisième degré en A. On portera les résultats dans les équations indéfinies où l'on aura éliminé la pression p, ainsi que dans les conditions aux limites (*cf.* M); en égalant à zéro les coefficients des différentes puissances de A et, pour chacun de ces coefficients, en annulant les coefficients des $\sin n v_0$ et $\cos n v_0$, on forme les équations vérifiées par les inconnues μ'_0, μ''_0, les c^i_n, b^i_n, etc. Les calculs sont laborieux, mais élémentaires. En voici le résultat. On vérifie, d'abord, conformément au résultat d'unicité de D, que les intégrations n'introduisent aucun arbitraire. On trouve

$$x = x_0 - A\frac{\mathrm{ch}\,Y}{\mathrm{sh}\,\mu_0 H}\sin v_0 + A^2\frac{\mu_0}{4\,\mathrm{sh}^2\mu_0 H}\left[1 - \frac{3}{2}\frac{\mathrm{ch}\,2Y}{\mathrm{sh}^2\mu_0 H}\right]\sin 2v_0$$
$$+\frac{A^3}{2}\left[\frac{b_1^3}{3}\sin v_0 + \frac{b_3^3}{3}\sin 3v_0 - \frac{\mathrm{ch}\,Y}{\mathrm{sh}\,\mu_0 H}\mu''_0 x_0\cos v_0\right];$$

$$y = y_0 + A\frac{\mathrm{sh}\,Y}{\mathrm{sh}\,\mu_0 H}\cos v_0 + A^2\frac{\mu_0}{4\,\mathrm{sh}^2\mu_0 H}\left[1 + \frac{3}{2}\frac{\cos 2v_0}{\mathrm{sh}^2\mu_0 H}\right]\mathrm{sh}\,2Y$$
$$+\frac{A^3}{2}\left[\frac{c_1^3}{3}\cos v_0 + \frac{c_3^3}{3}\cos 3v_0 - \frac{\mathrm{sh}\,Y}{\mathrm{sh}\,\mu_0 H}\mu''_0 x_0\sin v_0\right]$$

où $Y = \mu_0(y_0 + H)$.

Les expressions de b_1^3, b_3^3, c_1^3, c_3^3, trop compliquées pour être reproduites ici, seront publiées ailleurs. Puis

$$\mu = \mu_0 + A^2\frac{\mu_0^3}{\mathrm{sh}^2\mu_0 H}\,\frac{\mu_0 H - \left(\dfrac{27}{8\,\mathrm{sh}^2\mu_0 H} + 1\right)\mathrm{sh}\,2\mu_0 H}{2\mu_0 H + \mathrm{sh}\,2\mu_0 H},$$

$$\frac{\nu^2}{\mu_0 g} = \mathrm{th}\,\mu_0 H;$$

d'où l'on peut tirer la longueur d'onde par $\lambda = 2\pi/\mu$

$$\lambda = \lambda_0 + A^2\frac{4\pi^2}{\lambda_0}\,\frac{\left[\dfrac{27}{8\,\mathrm{sh}^2 2\pi\frac{H}{\lambda_0}} + 1\right]\mathrm{sh}\,4\pi\frac{H}{\lambda_0} - 2\pi\frac{H}{\lambda_0}}{\mathrm{sh}^2 2\pi\frac{H}{\lambda_0}\left[\mathrm{sh}\,4\pi\frac{H}{\lambda_0} + 4\pi\frac{H}{\lambda_0}\right]},$$

la formule d'Airy s'écrivant alors

$$\frac{2\pi\lambda_0}{gT^2} = \mathrm{th}\,2\pi\frac{H}{\lambda_0}.$$

On vérifie que pour $H \to \infty$, les formules ci-dessus se réduisent aux équations de Gertsner, écrites en paramètres moyens x_0, y_0, qu'il ne faut pas confondre avec les paramètres utilisés par Gertsner lui-même.

La correction de μ, due à l'influence de la cambrure $A\mu_0$, est du second ordre en A; le tourbillon est du second ordre en A; ces résultats sont conformes aux énoncés de D.

Rappelons que depuis Stokes, un calcul similaire a été effectué, à plusieurs

reprises, pour la houle irrotationnelle. Citons, en particulier, l'élégant travail de M. L. N. Sretensky ([3]), qui a poussé les approximations jusqu'aux termes d'ordre A^6.

([1]) *Thèse* (*J. Math. pures et appl.*, 13, 1934, p. 217-291). Dans la suite, les renvois à ce Mémoire seront notés D.

([2]) *Annales des Ponts et Chaussées*, 114, 1944, p. 25-61. Les références à ce travail seront notées M.

([3]) *Izvertia de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S.*, Division des Sciences techniques, 5, 1952, p. 688-698.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la visualisation en soufflerie d'écoulements supersoniques*. Note (*) de M. **Georges Dubois**, transmise par M. Maurice Roy.

La présente Note est relative à des procédés utilisant des fils fins pour visualiser en soufflerie, par strioscopie, des ondes de Mach et des lignes de courant dans un écoulement supersonique quelconque.

1. *Méthode du fil en écoulement bidimensionnel.* — En soufflerie, un procédé très simple pour créer de faibles perturbations donnant naissance à des ondes de très faible discontinuité de la vitesse, tendant asymptotiquement vers des ondes de Mach, consiste à coller sur les parois de la tuyère, suivant une direction perpendiculaire à l'écoulement, des fils de très faible diamètre.

Dans la méthode présentée et qui dérive de celle employée au N. P. L. ([1]), on a réparti de tels fils uniformément dans une section droite de la veine d'expériences, située en amont de la maquette en essai. Chaque fil, disposé parallèlement à la lumière de la colonne strioscopique, donne naissance à deux ondes de choc très voisines et séparées par une mince zone de détente; la perturbation créée étant très faible (diamètre du fil : 20 μ environ), ces ondes sont presque confondues en une seule trace qui, à une très faible distance du fil, est assimilable localement à une onde de Mach. D'autre part, chaque fil très fin donne naissance à un sillage bien apparent et pratiquement parallèle aux deux lignes de courant limitrophes. On obtient ainsi, à la fois, une visualisation de certaines lignes de courant, et une détermination de nombres de Mach locaux, dans un écoulement supersonique bidimensionnel.

Pour créer une très faible perturbation, on a recherché un fil de très faible diamètre et résistant au courant d'air d'une soufflerie supersonique à rafales sans se rompre. Seuls, des fils élastiques, comme le nylon ou le cheveu, paraissent convenir pour résister au choc de telles rafales.

Des essais au nombre de Mach $M = 3,8$, exécutés dans une soufflerie de l'Office National d'études et recherches aéronautiques, ont montré que l'onde émise par un fil de nylon de 20 μ s'assimile à une onde de Mach dès qu'on s'éloigne à 15 mm environ du fil sur l'onde; pour un cheveu dont le diamètre est d'environ 50 μ, cet éloignement minimum est d'environ 17 mm.

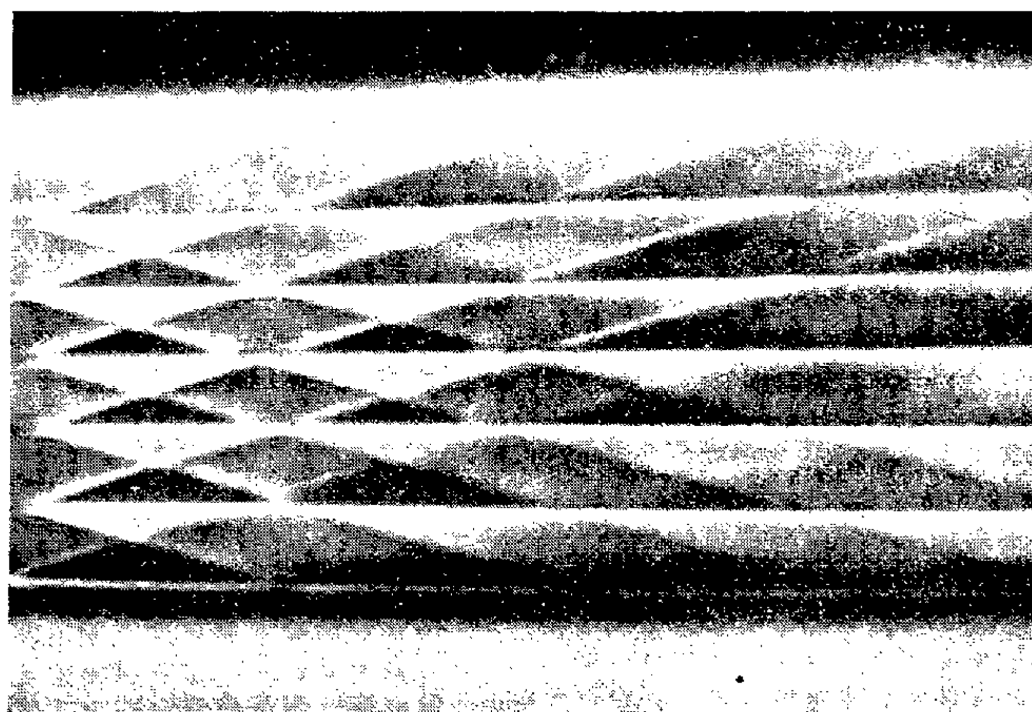


Fig. 1.

La figure 1 montre que les ondes, issues de fils situés dans une même section droite de la veine, se rencontrent sans être déviées, ce qui confirme leur équivalence à des ondes de Mach. D'autre part, les sillages visualisant les lignes de courant révèlent un très léger évasement de la veine (0,3 %) de l'amont vers l'aval, dans le cas de la tuyère à veine libre de cet essai.

A titre d'exemple, la figure 2 montre l'écoulement réel autour d'un profil losangique d'angle au sommet 10°, pour $M = 3,76$. En comparant cette visualisation aux lignes de courant théoriques du calcul, simplifié en négligeant les interactions entre les ondes de choc des arêtes avant et arrière et le faisceau de détente de Prandtl-Meyer à l'arête intermédiaire, on observe dans l'éventail de détente un léger décalage des lignes de courant réelles vers l'extérieur, qui permet d'apprécier l'approximation du schéma théorique précédent.

2. *Possibilité d'étude d'un écoulement tridimensionnel.* — La méthode précédente, dite « des fils en grille », ne convient pas aussi bien, en général, pour un écoulement tridimensionnel.

Cependant, en interprétant les clichés strioscopiques, on peut encore déterminer approximativement des lignes de courant. Prenant comme exemple l'écoulement autour d'une sphère, nous avons remarqué que chaque ligne de courant amont, à partir de l'onde de choc de tête, se divise sur le cliché en deux lignes distinctes, l'une très visible et non déviée,

qui appartient à l'écoulement sain (amont) hors de l'onde de choc, l'autre déviée et incurvée qui vient se confondre pratiquement avec la précédente au niveau de l'onde de queue de l'obstacle sphérique. Cette ligne incurvée et peu apparente peut être regardée comme très voisine d'une ligne de courant dans le plan équatorial de la sphère.

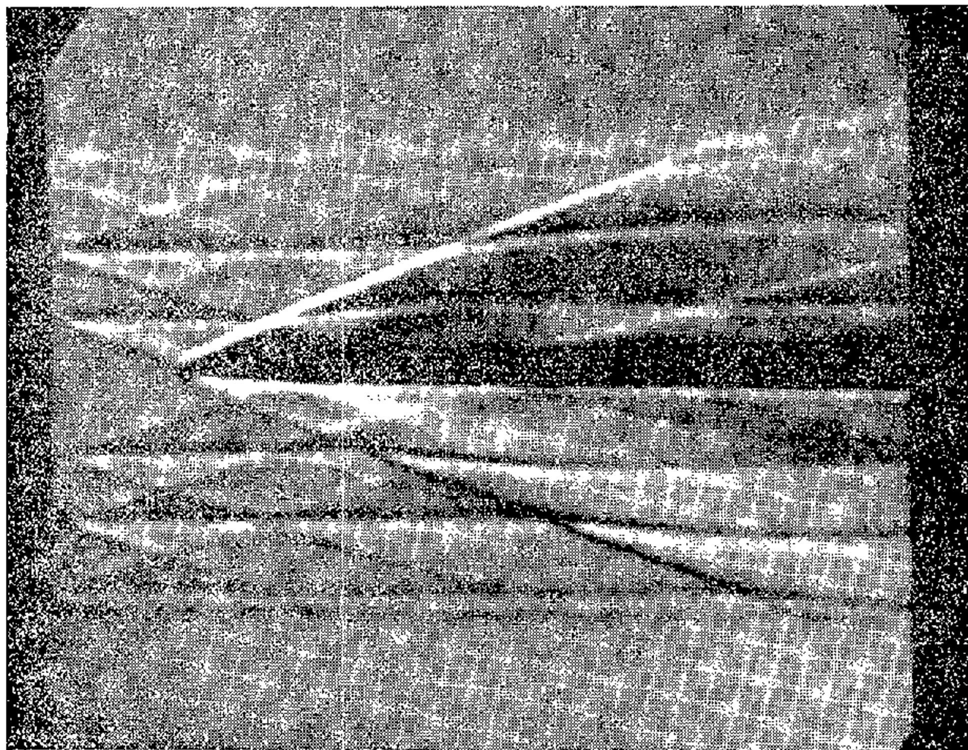


Fig. 2.

Cherchant à créer, en écoulement tridimensionnel, une très faible perturbation non par une ligne, mais par un point duquel émaneraient un cône de Mach et un sillage assimilable à la ligne de courant locale, on a essayé l'emploi d'un fil de nylon de 20 μ de diamètre, portant des nœuds espacés et disposé perpendiculairement au flux lumineux. Ce procédé n'a pas donné de résultats, même avec des nœuds de l'ordre de 0,1 mm : la perturbation créée était trop faible, comme dans le cas de l'écoulement autour d'un cône d'angle au sommet 5°, pour lequel la strioscopie, dans la même soufflerie, ne révèle pratiquement aucun caractère de l'écoulement.

Une autre méthode, dérivée de celle du fil, consiste à utiliser une sorte d'échelle de corde, constituée en fils de la sorte précédente et comportant des échelons assez étroits, de largeur comparable au diamètre du corps en essai, et disposés parallèlement à la lumière émise. Les ondes de Mach et les lignes de courant sont visibles, encore que moins apparentes qu'en écoulement bidimensionnel. On a comparé les visualisations réalisées par cette méthode et par celle des fils en grille, dans le cas de l'écoulement autour d'une sphère : aucune divergence appréciable n'a été constatée, confirmant ainsi que, pour un écoulement tridimensionnel de cette sorte, la méthode des fils en grille est pratiquement acceptable.

Les procédés précédents, utilisant des fils très fins et transversaux à l'écoulement, peuvent fournir des indications utiles, en écoulement

supersonique quelconque, isentropique ou non. En combinaison avec la méthode interférentielle, leur emploi permettrait, connaissant les grandeurs génératrices amont, la détermination de toutes les grandeurs, en aval d'un choc quelconque.

(*) Séance du 24 septembre 1956.

(1) J. Valensi et F. W. Pruden, *Some observations on sharp-nosed profiles at supersonic speed*, R. et M., n° 2.482, 12 mai 1947.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur la nature de la singularité d'un écoulement de fluide compressible au voisinage de la pointe avant d'une aile delta en régime subsonique.* Note de M. **Jean-Pierre Guiraud**, présentée par M. Maurice Roy.

1. L'écoulement subsonique d'un fluide compressible autour d'une aile delta présente au voisinage de la pointe avant de cette dernière une singularité qu'il est utile de connaître. M. P. Germain (1) a posé et traité dans toute sa généralité le problème mathématique auquel cela conduit : pour quelles valeurs de $\nu\,[E=\nu(\nu+1)]$ existe-t-il une fonction harmonique homogène de la forme

$$\Phi(x_1, x_2, x_3)=R^{\nu}F(x_1|R;\, x_2|R;\, x_3|R), \qquad R=(x_1^2+x_2^2+x_3^2)^{\frac{1}{2}}$$

vérifiant les conditions

$$\Phi_{x_3}(x_1, x_2, 0)=0 \quad \text{pour} \quad |x_2|<x_1\,\mathrm{tg}\,\gamma \qquad \text{et} \qquad \Phi(x_1, x_2, 0)=0 \quad \text{pour} \quad |x_2|>x_1\,\mathrm{tg}\,\gamma,$$

ainsi que certaines hypothèses de régularité. M. R. Legendre (2) a obtenu une expression approchée pour $\nu(\gamma)$ lorsque γ est voisin de $\pi/2$; on recherche ici une expression approchée lorsque γ est voisin de zéro.

2. Outre les coordonnées rectangulaires (x_1, x_2, x_3), seront utilisées les coordonnées (R, ξ, η) et (R, θ, ψ) définies par

$$(1) \qquad \frac{x_1}{R}=\frac{1-\xi^2-\eta^2}{1+\xi^2+\eta^2}=\cos\theta; \qquad \frac{x_2}{R}=\frac{2\xi}{1+\xi^2+\eta^2}=\sin\theta\cos\psi;$$
$$\frac{x_3}{R}=\frac{2\eta}{1+\xi^2+\eta^2}=\sin\theta\sin\psi.$$

Lorsque $\gamma=0$, une étude classique montre l'existence d'une suite de fonctions propres $(n=1, 2, \ldots; p=1, 2, \ldots, n)$

$$(2) \quad F_{n,p}(\theta, \psi)=[(2n+1)(n-p)!]^{\frac{1}{2}}[\pi(n+p)!]^{-\frac{1}{2}}(\sin\theta)^p\,T_{n-p}^p(\cos\theta)\sin(p\psi);$$

correspondant aux valeurs propres

$$(3) \qquad \nu_{n,p}^{(0)}=0; \qquad E_{n,p}^{(0)}=\nu_{n,p}^{(0)}(\nu_{n,p}^{(0)}+1).$$

Les $T_{n-p}^p(z)$ sont des polynomes ultrasphériques de Gegenbauer [(3) chap. 6].

3. Lorsque $\gamma \neq 0$ il convient de résoudre le problème aux valeurs propres suivant : déterminer $E = \nu(\nu+1)$ de manière qu'il existe une fonction $F(\xi, \eta)$ vérifiant $\Delta F + 4E(1+\xi^2+\eta^2)^{-2} F = 0$ et les conditions aux limites : $F_\eta(\xi, 0) = 0$ pour $|\xi| < c$; $F(\xi, 0) = 0$ pour $|\xi| > c$, $c = \mathrm{tg}(\gamma/2)$. Ce problème est réduit à une équation intégrale de la manière suivante. Soit $G_E(\xi_0, \eta_0; \xi, \eta)$ la fonction de Green vérifiant

$$G_E(\xi_0, \eta_0; \xi, 0) = 0 \quad \text{et} \quad \Delta G_E + 4E(1+\xi^2+\eta^2)^{-2} G_E = 2\pi\,\delta(\xi-\xi_0)\,\delta(\eta-\eta_0),$$

fonction de Green qui peut se mettre sous la forme $G_E = G_0 + 2\pi\Gamma(\xi_0, \eta_0; \xi, \eta; E)$ où G_0 correspond à $E = 0$, Γ étant régulière. La formule de Green donne alors $F(\xi, \eta)$ à partir des valeurs de $F(\xi, 0)$ sur $|\xi| < c$; écrivant que $\partial F(\xi, 0)/\partial\eta = 0$, il vient une équation intégrale. Mais le noyau lié à G_0 s'inverse en utilisant la fonction $H(\xi_0, \xi)$ telle que $\int_{-c}^{c} H(\xi_0, \xi)[\partial u(\xi, 0)/\partial\eta]\,d\xi$ soit la valeur sur $\eta_0 = 0$, $|\xi_0| < c$ d'une fonction harmonique $u(\xi_0, \eta_0)$ pour laquelle on donne $\partial u(\xi, 0)/\partial\eta$, $|\xi| < c$. La fonction H est bien connue, son expression explicite est d'ailleurs inutile. Posant $F(\xi, 0) = f(\xi)$, l'équation intégrale annoncée est :

$$(4) \qquad f(\xi_0) = \int_{-c}^{+c}\int_{-c}^{+c} H(\xi_0, \xi)\left[\frac{\partial^2\Gamma(\xi, 0; \xi', 0; E)}{\partial\eta\,\partial\eta'}\right] f(\xi')\,d\xi\,d\xi'.$$

4. Les $F_{n,p}(\xi, \eta)$ forment un système orthonormé, complet. La fonction G étant de carré sommable est donc développable suivant ce système; il en est de même de Γ et $\partial^2\Gamma(\xi, 0; \xi', 0; E)/\partial\eta\,\partial\eta'$, ce dernier développement étant uniformément convergent en vertu de la régularité de Γ [([4]) chap. 3 et 5].

$$(5) \qquad \frac{\partial^2\Gamma(\xi, 0; \xi', 0; E)}{\partial\eta\,\partial\eta'} = -[\lambda(E)]^{-1}\left\{\psi_{11}(\xi)\,\psi_{11}(\xi') + \sum_{n,p \neq 1} \lambda_{n,p}(E)\,\psi_{n,p}(\xi)\,\psi_{n,p}(\xi')\right\},$$

$$(6) \qquad \psi_{n,p}(\xi) = \frac{\partial F_{n,p}(\xi, 0)}{\partial\eta}; \qquad E\,\lambda(E) = E_{1,1}^{(0)}(E_{1,1}^{(0)} - E) = E_{n,p}^{(0)}(E_{n,p}^{(0)} - E)\,\lambda_{n,p}(E).$$

Le développement (5) a été écrit sous une forme adaptée à la recherche de la valeur propre voisine de $E_{1,1}^{(0)}$ [$\lambda(E)$, et les $\lambda_{n,p}(E)$ sont voisins de zéro]. Posant

$$(7) \qquad U_{n,p}(\xi_0, c) = \int_{-c}^{+c} H(\xi_0, \xi)\,\psi_{n,p}(\xi)\,d\xi,$$

l'on est amené à

$$(8) \qquad -\lambda(E) f(\xi_0) = U_{1,1}(\xi_0, c)\int_{-c}^{+c}\psi_{1,1}(\xi) f(\xi)\,d\xi + \sum_{n,p \neq 1,1} \lambda_{n,p}(E)\,U_{n,p}(\xi_0, c)\int_{-c}^{+c}\psi_{n,p}(\xi) f(\xi)\,d\xi.$$

5. Considérant l'expression

$$(9)\qquad \lambda(\mathrm{E}) = -\frac{\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\int_{-c}^{+c} \mathrm{U}_{1,1}(\xi_0, c)\, g(\xi_0)\, d\xi_0 \int_{-c}^{+c} \psi_{1,1}(\xi) f(\xi)\, d\xi \\ \displaystyle\quad + \sum_{n,p \neq 1,1} \lambda_{n,p}(\mathrm{E}) \int_{-c}^{c} \mathrm{U}_{n,p}(\xi_0, c)\, g(\xi_0)\, d\xi_0 \int_{-c}^{+c} \psi_{n,p}(\xi) f(\xi)\, d\xi \end{array}\right\}}{\displaystyle\int_{-c}^{c} f(\xi_0)\, g(\xi_0)\, d\xi_0},$$

le problème revient à rechercher le minimum de $[\lambda(\mathrm{E})]$. Variant en effet la fonction g, cela conduit à (8). Variant d'autre part la fonction f, il vient l'équation adjointe

$$(10)\qquad \begin{aligned} -\lambda(\mathrm{E})\, g(\xi_0) = {} & \psi_{1,1}(\xi_0) \int_{-c}^{c} \mathrm{U}_{1,1}(\xi, c)\, g(\xi)\, d\xi \\ & + \sum_{n,p \neq 1,1} \lambda_{n,p}(\mathrm{E})\, \psi_{n,p}(\xi_0) \int_{-c}^{c} \mathrm{U}_{n,p}(\xi, c)\, g(\xi)\, d\xi. \end{aligned}$$

Mais les formules (8) et (10), où l'on se rappelle que les $\lambda_{n,p}(\mathrm{E})$ sont des quantités infiniment petites avec c et γ, mettent en évidence les solutions approchées [les facteurs constants qui s'introduisent ne jouent aucun rôle dans (9)]

$$(11)\qquad f(\xi) \simeq \mathrm{U}_{1,1}(\xi, c), \qquad g(\xi) \simeq \psi_{1,1}(\xi).$$

Portant dans (9) cela donne l'expression cherchée. Le calcul est immédiat d'après la signification de $\mathrm{H}(\xi_0, \xi)$ et conduit à

$$(12)\qquad \nu \simeq 1 - \frac{1}{2}(1 - \cos\gamma).$$

(1) *La Recherche aéronautique*, n° 44, 1955.
(2) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1716.
(3) Morse et Feschbach, *Methods of Theoretical Physics*, Mac Graw Hill, 1953.
(4) Courant et Hilbert, *Methoden der mathematischen Physik*, Springer, Berlin, 1937.

AÉRODYNAMIQUE DES TURBOMACHINES. — *Propriétés de similitude d'une roue axiale isolée en régime de décollement tournant.* Note de MM. **André Jaumotte** et **Simon Goldstein**, transmise par M. Frans van den Dungen.

L'étude expérimentale dont les résultats sont signalés dans cette Note a été faite sur une roue axiale isolée, caractérisée par un rapport de moyeu de 0,63 et un nombre d'aubages de 14. Les ailettes sont vrillées et l'entreplan relatif varie de 2,44 au sommet à 0,86 à la base. Pour cette roue le décollement tournant apparaît brusquement et s'étend de la base au sommet des aubes; la zone décollée reste unique.

La figure 1 donne, en coefficients sans dimensions, les caractéristiques d'ensemble du rotor pour quatre vitesses de rotation.

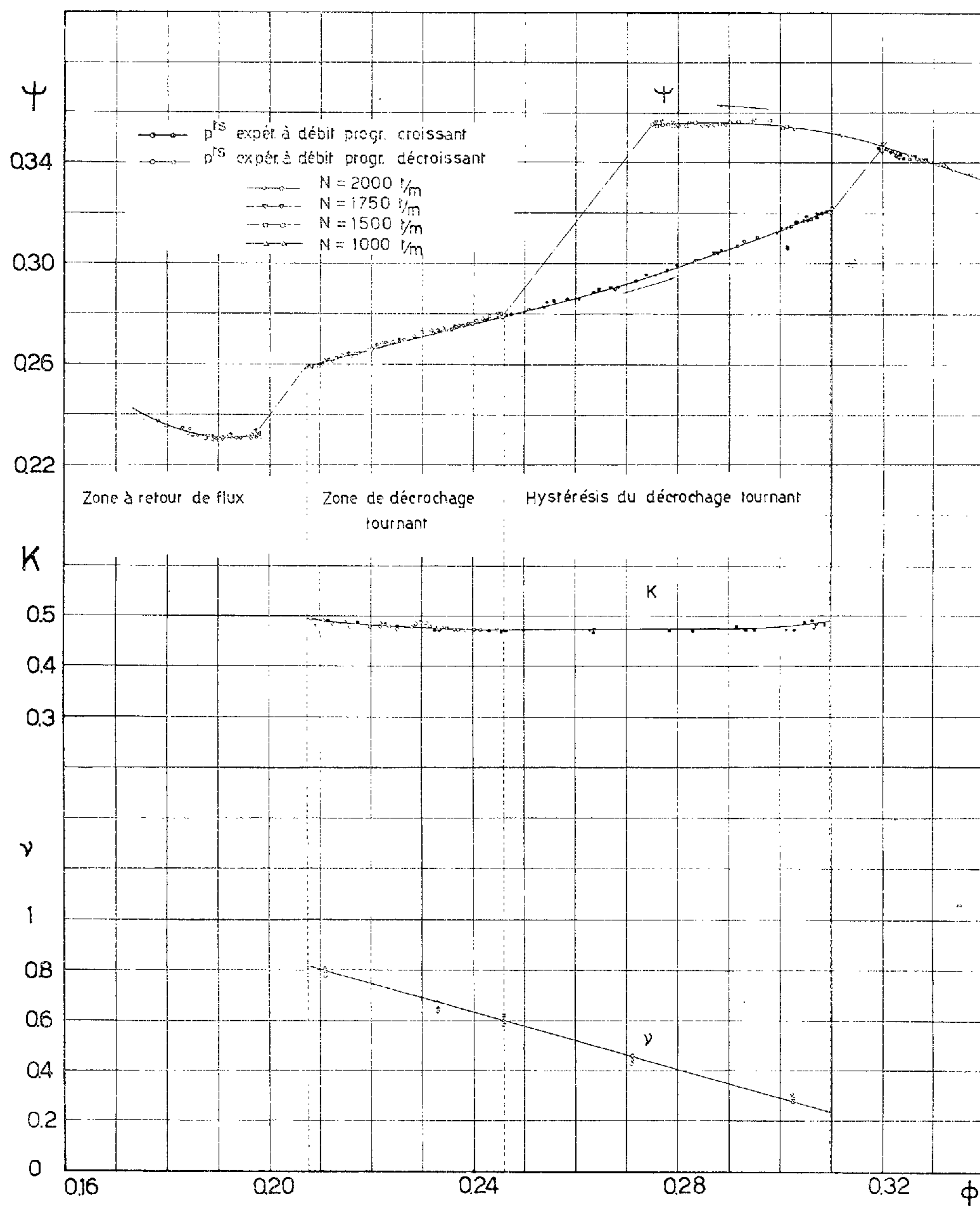


Fig. 1. — Caractéristiques globales du rotor.

On a utilisé comme variable indépendante le coefficient de débit $\Phi = (V_m/u_m)$, où V_m est la vitesse débitante moyenne et u_m la vitesse d'entraînement du rotor au rayon moyen $[(r_{\text{ext}}^2 + r_{\text{int}}^2)/2]^{1/2}$.

On a porté en ordonnées :

a. le coefficient de pression global $\Psi = 2(P_3 - P_1)/\rho u_m^2$, ρ étant la masse spécifique du fluide et P sa pression d'arrêt; les indices 1 et 3 se rapportent à

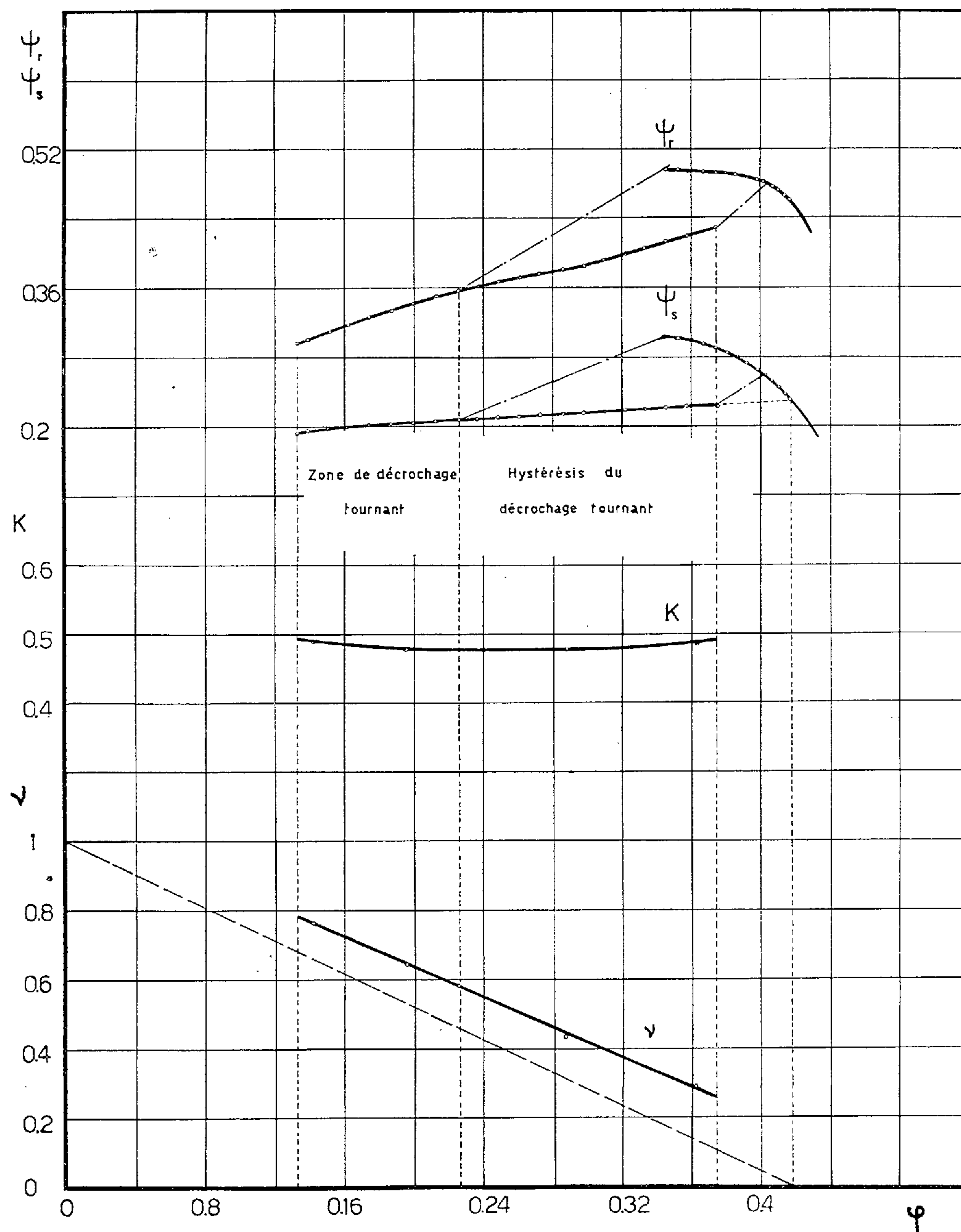


Fig. 2. — Caractéristiques locales du rotor au rayon relatif 0,935.

une section en amont du rotor et à une section en aval, au raccordement avec le circuit de refoulement;

b. le rapport K de la vitesse *absolue* de propagation du décollement tournant à la vitesse de rotation du rotor;

c. l'extension relative ν du décollement tournant.

On distingue trois zones de fonctionnement de la machine : normal, avec décollement tournant, avec courant de retour au sommet des ailettes (faibles débits).

La figure 2 donne les caractéristiques relatives à l'écoulement *local* au rayon relatif 0,935, en fonction du coefficient de débit local $\varphi = (V/u)$; le coefficient de pression local est cette fois $\psi = 2(P_2 - P_1)/\rho u^2$, les indices 1 et 2 se rapportant à des sections immédiatement en amont et en aval du rotor. On a ajouté le coefficient local de pression statique $\psi_s = 2(p_2 - P_1)/\rho u^2$, p_2 étant la pression *statique* immédiatement en aval du rotor et l'on a porté en outre les valeurs locales de K et ν.

1° Les figures 1 et 2 montrent que *les lois de similitude classiques sont aussi bien vérifiées pour le régime avec décollement tournant que pour le fonctionnement normal.*

2° Les mêmes figures font apparaître l'hystérésis du décrochage tournant. On observe que *l'apparition et la disparition du décrochage tournant s'effectuent toujours pour la même ouverture de fonctionnement,* quelle que soit la vitesse.

3° *Le rapport de la vitesse absolue de propagation du décollement tournant à la vitesse de rotation de la machine est indépendant de la vitesse de rotation et du point de fonctionnement.*

4° *L'extension relative de la zone décollée ν est une fonction linéaire décroissante du coefficient de débit.*

Sur la figure 2, on constate que la droite $\nu(\varphi)$ est peu éloignée d'une droite, tracée en traits tiretés, telle que $\nu = 1$ pour $\varphi = 0$ et $\nu = 0$ pour le point où l'incidence atteint la limite admissible sans décollement (rencontre de la caractéristique avec décollement et de la caractéristique normale). Selon certains auteurs [1] cette droite représente la loi $\nu(\varphi)$ pour une grille déflectrice plane d'entreplan relatif infiniment petit. On peut interpréter la différence comme un effet du nombre fini d'aubages.

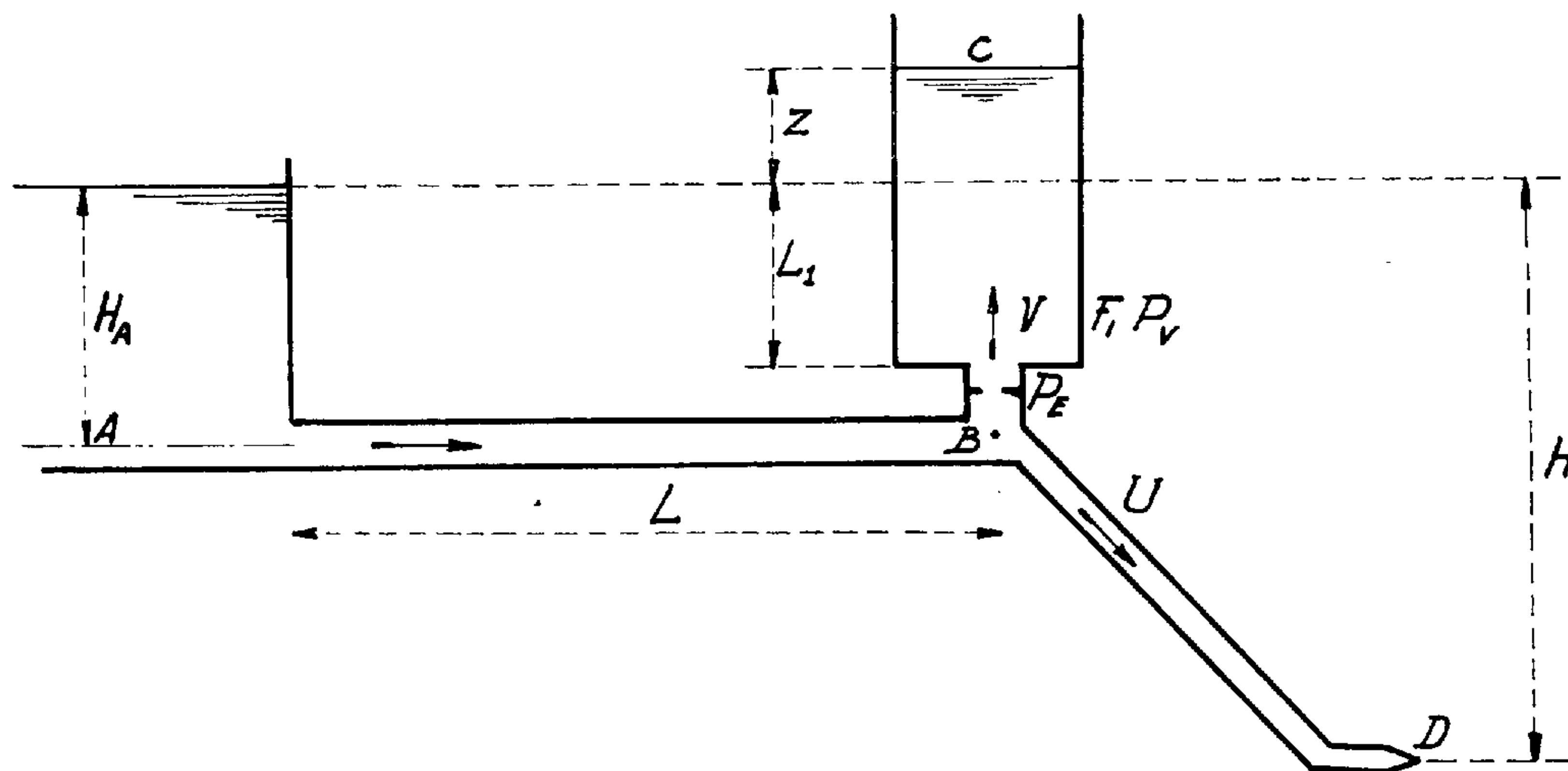
Les propriétés de similitude établies ici d'après les essais d'un rotor déterminé ont été vérifiées sur d'autres machines axiales à un étage.

[1] J. FABRI et L. JARLAN, *IXe Congrès international de Méc. théor. et appliquée*, Bruxelles, 1956.

HYDRAULIQUE. — *Sur la théorie non-linéaire de la stabilité d'une installation hydroélectrique munie d'une cheminée d'équilibre.* Note de M. **BERNARD MICHEL**, présentée par M. Henri Villat.

Le schéma de l'installation étudiée est représenté par la figure qui explicite une partie des notations employées.

Désignons en outre, par H_A, H_B, les charges totales à l'entrée de la galerie et à la base de la cheminée; f, F, respectivement les sections constantes de la galerie et de la cheminée; W, V, U, les vitesses moyennes instantanées respectives de l'eau dans la galerie, dans la chambre et dans la conduite forcée (si cette dernière avait la section de la cheminée d'équilibre); P_W, P_V, P_E, les pertes de charges totales instantanées dans la galerie, la cheminée et à l'étranglement.



Les signes des variables W, U, V et Z sont positifs pour les directions indiquées sur la figure 1. Un raisonnement analogue à celui de M. L. Escande [1] donne en prenant en compte les termes non linéaires et au prix des hypothèses classiques :

$$\frac{L}{g}\frac{dW}{dt} + Z \pm PW^2 \pm RV^2 = 0, \tag{1}$$

P et R étant des coefficients numériques convenables.

L'équation de continuité en B s'écrit

$$fW = F(U + V); \qquad V = \frac{dZ}{dt}. \tag{2}$$

L'indice zéro se rapporte aux caractéristiques du régime permanent; de plus, posons $R_0 = RU_0$: perte de charge fictive dans la cheminée, supposée traversée par le débit total en régime permanent : $H_0 = H - P_0$: chute nette en régime permanent.

Des hypothèses, qui semblent raisonnables, conduisent alors à l'équation du réglage

$$U = U_0 \frac{H_0}{H_0 + P_0 + Z}. \tag{3}$$

Les relations (1), (2), (3), caractérisent complètement le régime étudié.

Passons aux variables sans dimensions de J. Calame et D. Gaden ([2]) :

$$Z^* = U_0\sqrt{\frac{LF}{gf}}; \qquad T = \sqrt{\frac{LF}{gf}}; \qquad w = \frac{W}{W_0}; \qquad u = \frac{U}{U_0}; \qquad v = \frac{V}{U_0};$$

$$\tau = \frac{t}{T}; \qquad z = \frac{Z}{Z^*}; \qquad p_0 = \frac{P_0}{Z^*}; \qquad r_0 = \frac{R_0}{Z^*}; \qquad h_0 = \frac{H_0}{Z^*}.$$

Posons $y = z + p_0$.

Le système différentiel (1), (2), (3) des oscillations de la masse liquide peut être ramené à l'équation unique :

$$(4) \qquad \frac{d^2y}{d\tau^2} + y + \frac{1}{h_0}\left[-\frac{\dfrac{dy}{d\tau}}{\left(1+\dfrac{y}{h_0}\right)^2} + p_0h_0\left(\frac{1}{1+\dfrac{y}{h_0}} + \frac{dy}{d\tau}\right)^2 + r_0h_0\left(\frac{dy}{d\tau}\right)^2 - p_0h_0\right],$$

où ne figurent que des nombres sans dimension, et qui demeure valable tant que le signe de la vitesse dans la galerie ne change pas. Dans les applications, les paramètres p_0h_0 et r_0h_0 sont finis et peu différents ou inférieurs à l'unité, alors que h_0 est grand.

A notre connaissance, la discussion de (4) n'a été faite jusqu'ici qu'en négligeant les termes non linéaires du premier membre [*Cf.* en particulier, le mémoire célèbre de D. Thoma ([3])]. Il nous a paru utile d'étudier (4) au second ordre ([4]).

Nous avons utilisé les procédés de Kryloff et Bogoliuboff ([5]). Nous chercherons donc la solution de (4) sous la forme

$$(5) \qquad y = \alpha\cos\psi,$$

les fonctions $\alpha(\tau)$ et $\psi(\tau)$ étant les solutions du système différentiel

$$(6) \qquad \begin{cases} \dfrac{d\alpha}{d\tau} = \dfrac{h_0}{\alpha}\left[\dfrac{1}{\sqrt{1-\left(\dfrac{\alpha}{h_0}\right)^2}} - 1\right] + \dfrac{T\alpha}{h_0}\left[\dfrac{\left(\dfrac{h_0}{\alpha}\right)^2 - 1}{\sqrt{1-\left(\dfrac{\alpha}{h_0}\right)^2}} - \left(\dfrac{h_0}{\alpha}\right)^2\right] - K\left(\dfrac{\alpha}{h_0}\right)^2; \\ \dfrac{d\psi}{d\tau} = 1 - \dfrac{T}{h_0^2\left[1-\left(\dfrac{\alpha}{h_0}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \end{cases}$$

où on a posé

$$(7) \qquad T = 2p_0h_0; \quad K = \frac{8}{3}r_0h_0^2.$$

Le changement de variable : $\sin\beta = \alpha/h_0$ permet de ramener (6) à la forme plus simple qui se prête bien à la discussion

$$(8) \qquad \begin{cases} \cos\beta\,\dfrac{d\beta}{d\tau} = -\dfrac{1}{h_0}\left[\operatorname{tg}\dfrac{\beta}{2}\left(T - \dfrac{1}{\cos\beta}\right) + K\sin^2\beta\right]; \\ \dfrac{d\psi}{dt} = 1 - \dfrac{T}{h_0^2\cos^2\beta}. \end{cases}$$

De (8_1) il résulte que la condition classique de Thomas n'est qu'approchée. En voici l'interprétation non linéaire : elle donne dans tous les cas la limite inférieure de l'existence des cycles limites instables, au sens de Poincaré. La portée pratique en est, de ce fait, limitée et dans une prochaine communication nous préciserons ce point.

Il suit de (8_2) que ψ peut être considéré, dans les applications, comme une fonction linéaire du temps.

(1) Cf. *Hydraulique générale*, 3, 1943, Privat, Toulouse, p. 10-12.

(2) *Théorie des cheminées d'équilibre*, Lausanne, La Concorde; Paris, Gauthier-Villars, 1926.

(3) *Zur Theorie der Wasserschlossers beiselbstätig geregelten Turbinenanlagen*, Munich, Oldenburg, 1910.

(4) Signalons qu'Evangelisti a étudié une forme particulière de (1) avec un terme non linéaire : *Sur la stabilité des fortes oscillations dans les cheminées d'équilibre*, (*Energia Electtrica* n° 12, décembre 1951, p. 673-687).

(5) *Introduction to non-linear Mechanics*, Princeton, University Press, 1947.

ASTRONOMIE. — *Sur la gémination des images télescopiques.*
Note de M. **Jean Rösch**, présentée par M. André Danjon.

Sur les photographies de la surface solaire obtenues selon la technique décrite précédemment [1], il arrive très souvent que certains détails bien contrastés apparaissent *géminés*.

La fréquence du phénomène, — qui donne un aspect très différent de celui d'une vibration mécanique, et, notamment, n'intéresse qu'une partie du champ — sa contribution possible, parmi d'autres, à des apparences telles que celle de la gémination des *canaux* de Mars, et en tous cas l'exemple particulièrement frappant qu'il apporte du rôle des phénomènes atmosphériques dans la perception des fins détails, incitent à en rechercher le mécanisme.

Il convient de remarquer d'abord que la grandeur, variable, et souvent importante (atteignant 2″), de la duplication empêche de penser qu'il puisse s'agir d'une forme particulière de figure de diffraction ; le cas de certains détails larges dédoublés d'une quantité moindre que leur largeur ne laisse pas de doute sur la réalité de la superposition de deux images décalées d'un même objet. Nous traiterons donc le problème sous son aspect géométrique, sans faire intervenir de considérations de différences de phase.

Nous supposerons, pour simplifier l'exposé, que nous observons au zénith, en sorte que la direction moyenne des rayons soit conservée, mais il est évident que, pour une autre direction, les phénomènes transitoires que nous étudions se superposeraient simplement à une réfraction d'ensemble.

Considérons un instrument astronomique dont l'axe ZZ′ est dirigé vers une

source ponctuelle à l'infini, envoyant un faisceau de rayons qui, avant traversée de l'atmosphère terrestre, sont tous parallèles à ZZ'. La seule restriction que nous apporterons à la généralité du raisonnement consistera à nous placer en un point P de ZZ' situé à une distance Δ de l'instrument, grande par rapport au diamètre d de son objectif, et à supposer négligeables les perturbations produites entre P et l'instrument. C'est ce qui se passe notamment si l'instrument et les régions voisines sont en équilibre, et s'il n'y a de régions perturbées que plus loin dans l'atmosphère.

Le trajet *géométrique* ayant sensiblement même longueur pour tous les rayons, le *chemin optique* est proportionnel à la valeur moyenne de l'indice de l'atmosphère traversée, et la surface d'onde, en vertu du théorème de Malus, est identique à la surface Σ représentative de la valeur moyenne de l'indice, en prenant la longueur du trajet comme unité.

Pour qu'un rayon passant par un point de coordonnées rectangulaires x, y, d'un plan normal en P à ZZ' rencontre l'objectif, il faut qu'en ce point les cosinus directeurs de la normale à la surface soient égaux à ceux de la droite qui le joint au centre de l'objectif, donc que

$$(1)\qquad \frac{\partial z}{\partial x}=\frac{x}{\Delta},\qquad \frac{\partial z}{\partial y}=\frac{y}{\Delta}.$$

Les valeurs de x et y cherchées sont donc déterminées par les intersections I de deux courbes Γ'_x et Γ'_y, elles-mêmes projections sur le plan des xy des sections par les plans $\Pi_x(z=x/\Delta)$ et $\Pi_y(z=y/\Delta)$ des surfaces Σ'_x et Σ'_y représentatives des dérivées partielles de la différence de marche donnée par la surface Σ. Les faisceaux délimités en première approximation par des cercles C de diamètre d égal à celui de l'objectif et centrés en ces points I rencontrent l'objectif. Toute la suite du raisonnement est valable tant que le diamètre de l'objectif est assez petit par rapport aux distances de creux à crête sur la surface Σ pour que la courbure ne varie pas trop dans l'étendue d'un faisceau.

Si l'angle des normales aux plans Π_x et Π_y avec ZZ' dépasse l'angle maximum que fait avec ZZ' la normale à une surface Σ'_x ou Σ'_y, chacune des courbes Γ'_x et Γ'_y aura une seule branche, il y aura un seul point I, et un seul faisceau tombera sur l'objectif. En cas contraire, il pourra y en avoir plusieurs. Ce qui revient à dire qu'*on pourra observer des images multiples si le rayon de courbure de la surface des indices vient à être plus petit que la distance à l'objectif.* Le phénomène aura donc d'autant plus de chances de se produire que les ondulations de cette surface seront plus profondes (ce à quoi il fallait s'attendre) mais aussi que cette couche perturbatrice sera plus éloignée de l'objectif (ce qui s'accorde avec la situation régnant lors des observations faites, tôt le matin, en atmosphère proche calme).

Mais il ne suffit pas que le faisceau tombe sur l'objectif, il faut encore que sa convergence ou divergence soit restée faible pour que la mise au point ne soit

pas modifiée. On n'observera donc une image fine que si, outre les conditions (1) deux autres sont remplies

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = 0, \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0. \tag{2}$$

Nous avons vu qu'il existait *un nombre fini de points* pour lesquels les deux premières étaient remplies. Il ne faut donc pas s'attendre en général à ce qu'en ces points les deux autres soient remplies aussi, et l'on a une double infinité de chances pour que les images ne soient pas parfaites, ce que les observateurs ne savent malheureusement que trop.

En pratique, cependant, l'observation est possible moyennant des conditions moins restrictives. Supposons que l'image laisse apparaître tel détail tant que les courbures ne dépassent pas une certaine valeur. Nous aurons alors à rechercher les cas où les cercles C centrés aux points I empiètent sur des courbes fermées K entourant les points d'intersection J des courbes définies par les conditions (2). Il peut alors y avoir formation d'une image acceptable par tout ou partie de l'objectif. Pour une valeur donnée de la courbure limite, les courbes K couvriront une aire plus ou moins étendue; en particulier, si la surface Σ présente des facettes assez planes, les courbes K pourront avoir des dimensions importantes et les chances de bonnes images seront plus grandes que si la surface a des ondulations très arrondies. Les chances de gémination seront d'ailleurs plus grandes aussi.

D'une façon générale, la probabilité pour qu'un point I tombe à une distance d'un point J moindre qu'une valeur r est la même que pour que *deux* points I tombent simultanément à des distances de *deux* points J moindres qu'une autre valeur R plus grande que r. Si l'on suppose par exemple que les points J forment un réseau à mailles carrées de côté D, on trouve que R est égal à $1/\sqrt[4]{\pi}$ fois la moyenne géométrique entre r et D. On peut donc dire qu'on a autant de chances de trouver une image géminée de qualité moyenne qu'une image simple de bonne qualité. La proportion des images franchement mauvaises, mais d'une définition encore suffisante pour qu'on y reconnaisse des détails géminés peut, elle, dépasser largement celle des images réellement bonnes. Effectivement, parmi les 400 images d'un film du 18 novembre 1956, on a pu compter une soixantaine d'images diversement géminées, et quelques images seulement ayant une définition acceptable.

Parmi les cas où deux des points I tombent dans des régions à faibles courbures, il y en a peu pour lesquels un *troisième* point se trouve aussi dans les mêmes conditions; en général, tous ceux autres que les deux premiers tomberont dans des régions à fortes courbures et donneront des images très floues, non visibles, *lavant* simplement le champ. La possibilité de *triplication* n'est cependant pas négligeable, et il se trouve d'ailleurs, dans le film cité, *une* image dont l'aspect pourrait s'interpréter ainsi.

Des reproductions de certaines images typiques paraîtront dans un autre recueil.

(1) J. Rösch, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 478. En raison d'une erreur matérielle, à la 29e ligne de cette Note, *au lieu de* ne dépassant pas..., *lire* dépassant....

ASTROPHYSIQUE. — *Photomètre à double image pour comparer les taches de la surface d'une planète.* Note (*) de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

L'instrument permet de comparer entre elles les luminances des différentes régions de la surface des planètes, visuellement, directement à l'oculaire de la lunette d'observation.

J'ai décrit dans une précédente Note un photomètre à franges permettant de rapporter la luminance des différentes parties de l'image aérienne d'un objet observé dans une lunette à celle d'une plage artificielle connue (1).

Cet appareil permet de réaliser sur les surfaces des planètes des déterminations photométriques absolues mais il demande une transparence atmosphérique constante ou lentement variable. La planète Mars révèle des changements de contraste de ses taches attribuables à des voiles atmosphériques martiens, dont l'étude nécessite des mesures fréquentes. Lorsqu'il fallait observer à travers un ciel terrestre trop variable, j'ai réalisé la comparaison des taches martiennes entre elles à l'aide du dispositif suivant :

Principe. — Le micromètre biréfringent que j'ai décrit en 1952 permet de dédoubler l'image de la planète, près du plan focal, selon deux images polarisées orthogonalement, qu'on peut écarter jusqu'à 4,8 mm (2).

L'oculaire, solidaire du dernier bloc biréfringent de cet instrument, est maintenant suivi d'un polariscope de Savart qui montre le champ strié par des franges serrées.

Les deux plages *a* et *b* du disque planétaire qu'on désire comparer sont respectivement examinées sur l'une et l'autre image et amenées en superposition. En ce point la lumière est constituée par deux composantes rectilignes orthogonales I_a et I_b et les franges ont pour contraste $P = (I_a - I_b)/(I_a + I_b)$. La mesure consiste à affaiblir l'une des images par rapport à l'autre, dans la proportion P connue, afin d'observer la disparition des franges (3).

Les rôles des plages *a* et *b* sont ensuite inversés dans les deux images, afin de supprimer par la moyenne des deux déterminations les erreurs attribuables aux imperfections du micromètre.

Deux procédés permettent l'affaiblissement relatif des images :

a. L'oculaire est précédé d'un compensateur de polarisation à champ étendu ([3]) constitué par deux lames de celluloïd minces formant un dièdre réglable avec arête soit parallèle, soit perpendiculaire aux sections principales du dernier bloc biréfringent du micromètre. P est déterminé préalablement pour différentes longueurs d'onde en fonction de l'inclinaison des lames avec une précision voisine du millième ([3]). On a

$$\frac{I_b}{I_a} = \frac{1 - P}{1 + P}.$$

Ce procédé convient chaque fois que l'une des intensités ne dépasse pas le double de l'autre.

b. Lorsque l'écart dépasse cette valeur un polariseur tournant interposé devant le premier bloc biréfringent du micromètre permet encore la disparition des franges pour deux couples d'orientations α_1 et α_2 symétriques par rapport aux sections principales du bloc

$$\frac{I_a}{I_b} = \mathrm{tg}^2 \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}.$$

Un rapport de 100 peut être compensé facilement avec la précision du centième.

Lumière parasite. — L'ensemble des lames optiques constituant le micromètre biréfringent diffuse la lumière incidente selon un très léger fond éclairé. Si la mesure est effectuée avec l'aide des lames compensatrices, cette lumière diffusée est partiellement polarisée par les lames et peut altérer légèrement les déterminations. Il faut appliquer une correction

$$\frac{I_b}{I_a} = \frac{1 - P}{1 + P} - \frac{P}{1 + P} \frac{I_f}{I_0}.$$

La lumière diffusée I_f rapportée à celle I_0 de l'astre observé varie proportionnellement à la surface de l'astre; le micromètre utilisé donnait pour un disque circulaire de diamètre d :

$$\frac{I_f}{I_0} = 4.10^{-5}(d'')^2$$

soit 3 % sur un disque de 25″ dans les conditions d'observation.

De faibles images secondaires subsistent aussi dans le champ, en raison des imperfections des lames demi-ondes et quart d'ondes; elles sont le plus généralement éloignées du centre du champ où s'effectue la mesure, et ne peuvent que rarement gêner les observations.

Utilisation. — Ce photomètre à double image donne visuellement des mesures comparatives non affectées par les variations de l'absorbtion atmosphérique.

La précision dans les observations à la lunette est voisine du centième tant que le dédoublement reste suffisamment faible pour ne pas séparer sensiblement les pupilles.

Muni d'un polariscope à analyseur de Lyot ([3]) l'instrument n'absorbe que très peu de lumière et il se prête à de forts grossissements.

Suivi d'un petit filtre polarisant ([3]) il permet des mesures en diverses longueurs d'onde.

Précédé d'une lame double dépolarisante de Lyot ([4]) il donne les mesures en lumière incidente naturelle.

Pour examiner soigneusement l'image avant les mesures, on peut interposer avant l'oculaire un polariseur suivi d'une lame de spath avec axe à 45° de la direction polarisée; cette pièce optique éteint l'une des images et fait disparaître les franges. On peut aussi éclipser le polariscope.

Autre réalisation. — L'instrument réalisé utilise le micromètre biréfringent conçu pour permettre des mesures astronomiques précises. Un photomètre spécial plus simple et peu volumineux pourrait être construit sur le même principe comme suit :

L'oculaire de la lunette est suivi de deux prismes de Wollaston en spath qui donnent quatre images occupant les sommets d'un losange; les deux images de l'une des diagonales sont supprimées en ajoutant contre la face de sortie du premier prisme, et contre la face d'entrée du second prisme, des lames biréfringentes quart d'onde ayant leurs axes à 45° de ceux des prismes respectifs. La première lame transforme les vibrations rectilignes des deux images incidentes en deux circulaires droites et gauches; la seconde transforme ces circulaires en rectilignes parallèles et perpendiculaires au plan contenant l'axe du second prisme. Il subsiste deux images dont les distances peuvent être réglées par rotation des prismes en sens inverse d'angles égaux [*cf.* ([2])]; une liaison mécanique permet ce mouvement.

Ces prismes recouvrent la pupille donnée par l'oculaire sans la dédoubler. Ils sont précédés du polariseur tournant et suivis du polariscope de Savart escamotable solidaire du second prisme.

L'instrument donne des images moins pures, mais il est plus facile à construire, il ne sépare pas les pupilles et diffuse moins la lumière.

(*) Séance du 5 décembre 1956.
([1]) A. Dollfus, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1833.
([2]) A. Dollfus, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1477.
([3]) A. Dollfus, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1956; *cf. Ann. Aph.*
([4]) B. Lyot, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1929 et *Ann. Obs. Meudon.*
([5]) Ce principe a déjà été utilisé en 1926 par A. Danjon. *Rev. Opt.*, 5, 1926, p. 57.

ÉLECTRONIQUE. — *Examen au microscope à photoémission de métaux soumis à une contrainte mécanique.* Note (*) de MM. **Robert Goutte**, **Clément Guillaud** et **Robert Arnal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Des mesures d'émission photoélectrique ont été effectuées sur des métaux soumis à des contraintes [1] et ont mis en évidence une augmentation de l'émission photoélectrique par application d'une contrainte mécanique à l'échantillon; cette augmentation semble réversible si la contrainte ne dépasse pas la limite d'élasticité du métal et irréversible dans le cas d'une déformation plastique. L'émission au moment de la rupture est de l'ordre de 10 % supérieure à celle avant la traction [1].

Après ces premières expériences, il nous a semblé intéressant d'avoir une image par photoémission de la surface. Pour cela, nous avons pensé utiliser le microscope à photoémission mis au point par Huguenin [2]. Dans ce microscope, l'objet photoémissif est éclairé obliquement par une lampe à rayonnement ultraviolet et constitue la cathode d'un objectif à immersion. Le grossissement de cet appareil est de l'ordre de 30, mais dans le cas présent son intérêt réside dans le fait que l'image obtenue est directement fonction de l'état photoémissif de la surface.

Pour nos expériences, nous avons réalisé un dispositif permettant d'exercer une traction sous vide sur un échantillon métallique pendant l'observation au microscope. Les échantillons ont été observés soit sans traitement préalable, seuls les accidents superficiels sont visibles, soit après un bombardement ionique de l'ordre de 1 mA/cm^2 d'une durée de 15 mn environ : la structure cristalline de l'échantillon apparaît alors nettement (*fig.* 1).

Les expériences ont porté sur des feuilles d'or, d'argent et de palladium et ont donné des résultats comparables avec ces trois métaux. Les bandes métalliques ont une épaisseur de 5/100e de millimètre, et 5 mm de long. Un recuit s'est avéré nécessaire pour que les cristaux soient visibles au grossissement du microscope.

Avec un échantillon non nettoyé par bombardement ionique, la structure cristalline invisible avant la traction apparaît durant celle-ci; l'émission photoélectrique s'accentue et devient très intense sur les bords de la fracture.

Avec un échantillon soumis au bombardement ionique, la traction provoque une augmentation des contrastes de la structure déjà visible; d'autre part une sous-structure apparaît dans les zones les plus contraintes où la rupture va se produire (*fig.* 2). Mais l'exaltation de l'émission photoélectrique sur les bords de la fracture est moins accusée que dans le cas

d'un échantillon non décapé par bombardement. Ce renforcement de l'émission est néanmoins visible sur certaines photographies.

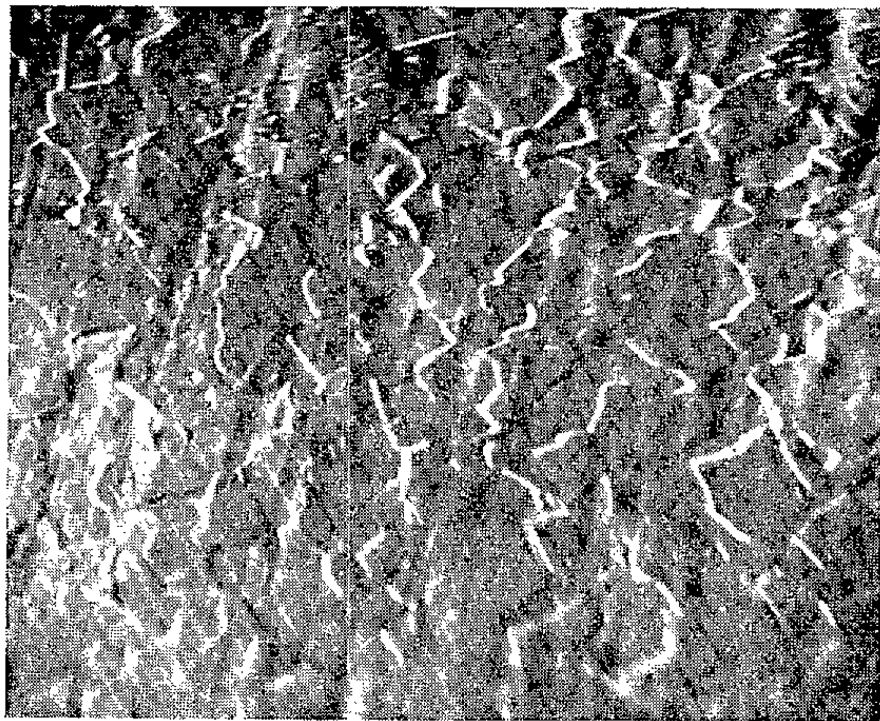


Fig. 1. — Échantillon or décapé non contraint (× 60).

Ces différences sont sans doute liées à la présence sur l'échantillon non décapé par bombardement ionique de contaminations superficielles.

Sur l'écran fluorescent le renforcement général de l'image consécutif à

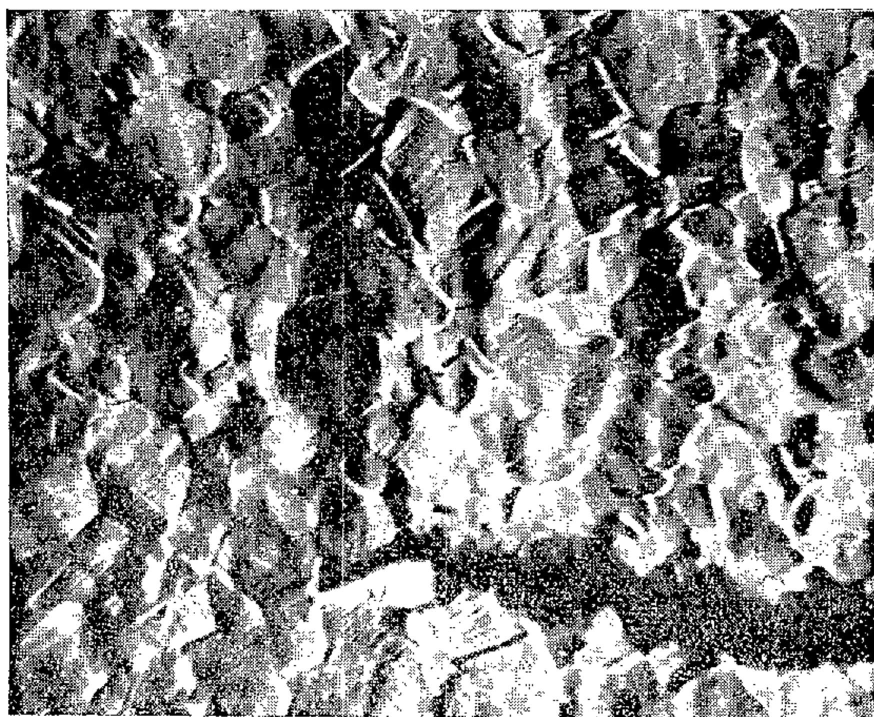


Fig. 2. — Échantillon or décapé contraint (× 60).

l'application de la contrainte mécanique est difficilement mesurable, mais autant qu'on puisse en juger son importance s'accorde avec les valeurs mesurées (10 % maximum) dans un premier travail ([1]).

L'incidence rasante de 75° sous laquelle tombe la lumière excitatrice

ultraviolette est favorable à l'observation des reliefs mais elle est peu propice à mettre en évidence une exaltation locale due à une autre cause. Nous nous proposons de reprendre cette étude en éclairant l'échantillon sous incidence normale.

(*) Séance du 29 octobre 1956.

(1) R. BERNARD, C. GUILLAUD et R. GOUTTE, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 866.

(2) E.-L. HUGUENIN, *Thèse*, 1956 (à paraître), Paris.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Franges de diffraction et d'interférences en optique électronique : diffraction de Fresnel, trous d'Young, biprisme de Fresnel.* Note de MM. **JEAN FAGET** et **CHARLES FERT**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Description du montage expérimental, à lentilles magnétiques; diffraction de Fresnel par des trous de diamètre croissant; franges d'Young de deux trous voisins; diffraction par un fil; franges d'interférences du biprisme et effet de l'interposition d'un film de carbone sur le faisceau.

Nous nous proposons de décrire quelques essais préliminaires de diffraction de Fresnel et d'interférences en optique électronique.

Montage expérimental (*fig.* 1). — La *source* S est l'image d'un petit trou (10 à 20 μ) ou d'une fente (3 à 6 μ) qui se forme au foyer de l'objectif (rapport de réduction ∼ 100). Le *plan d'observation* P est le plan focal objet du projecteur : il est agrandi 250 fois environ par cette lentille. *L'objet diffractant* D, placé sur un porte-objet orientable et pourvu de deux déplacements rectangulaires, est introduit à une distance variable de S.

Un groupe quadrupolaire, disposé après le projecteur, est utilisé pour l'observation de franges rectilignes : il réduit le grandissement dans la direction parallèle aux franges et l'augmente dans la direction perpendiculaire (1); il en résulte un gain d'éclairement. La lentille intermédiaire, commode pour les réglages, n'est pas utilisée pour l'observation.

Diffraction de Fresnel par des trous. Franges d'Young. — La source doit être ponctuelle. Les images sont peu lumineuses, les temps de pose de l'ordre de la minute. Divers phénomènes ont été étudiés. La figure 2 montre à titre d'exemple l'aspect des franges de diffraction obtenues pour des ouvertures circulaires de diamètre croissant (trou dans une pellicule de collodion métallisée).

Avec deux trous voisins de même diamètre, on enregistre les franges d'interférence de Young (*fig.* 2).

Diffraction par un fil, biprisme de Fresnel. — La source peut être linéaire,

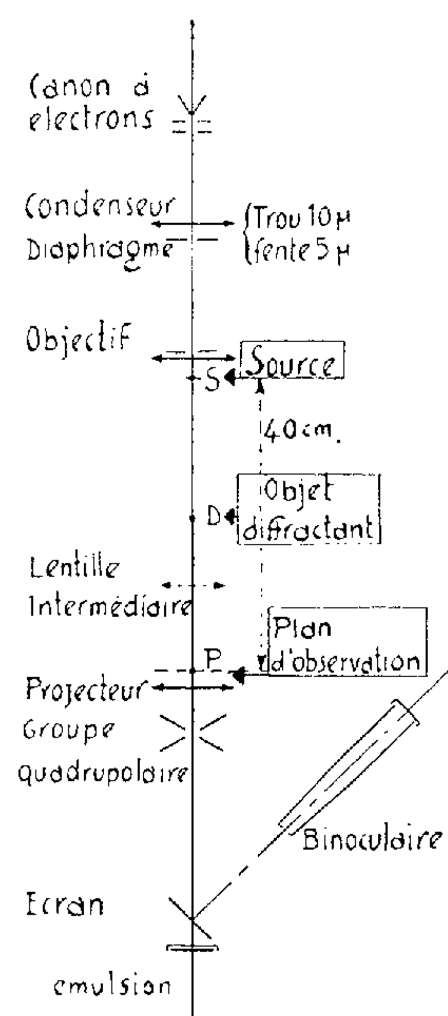


Fig. 1.

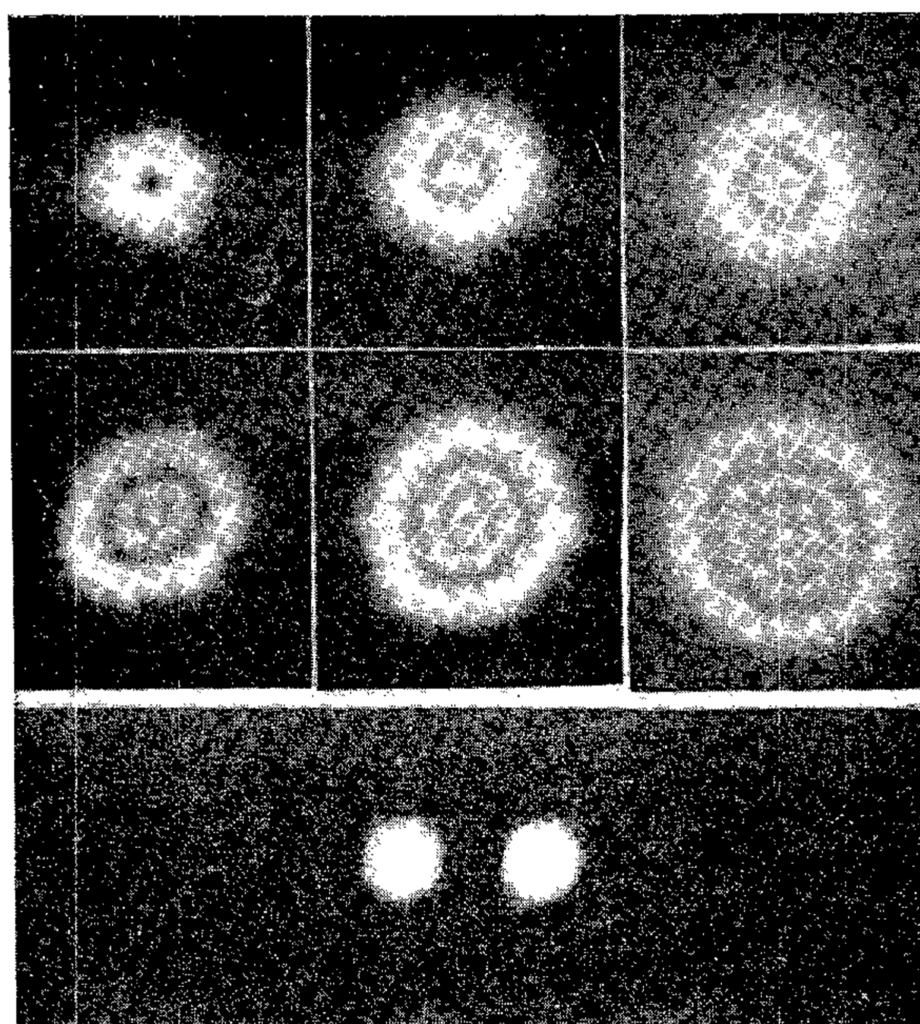


Fig. 2.

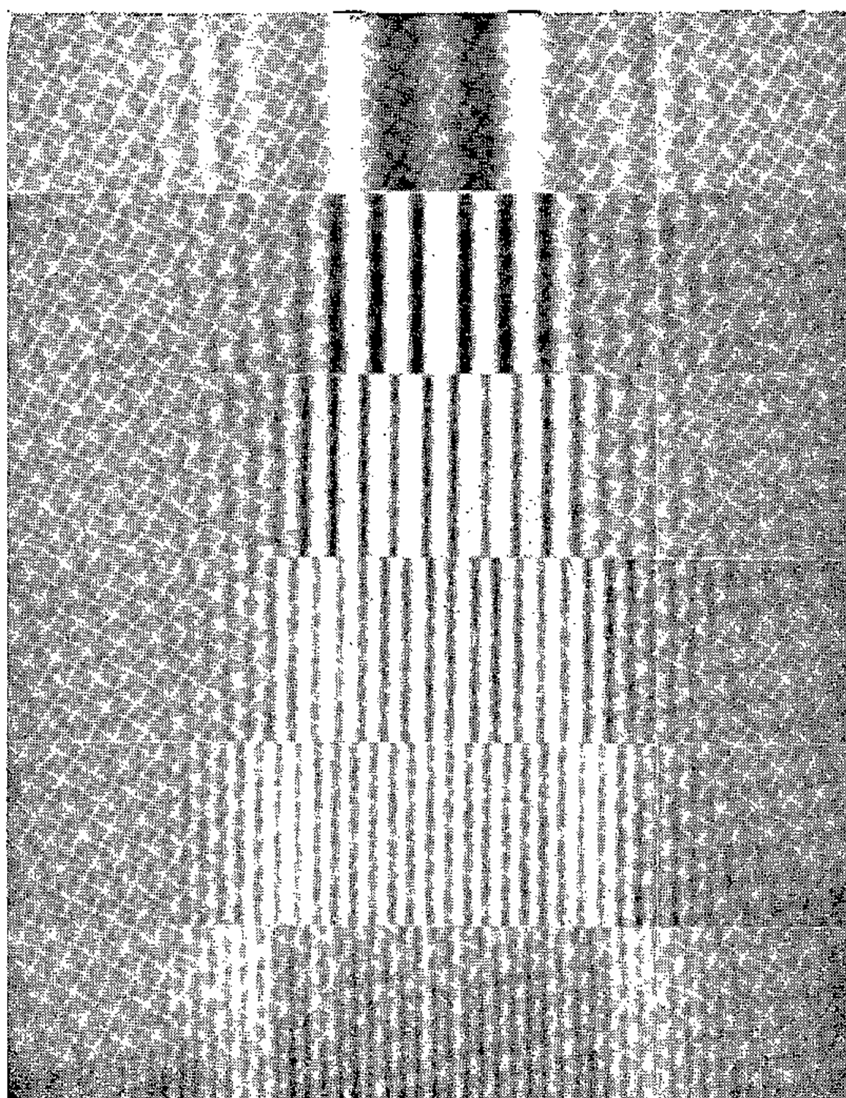


Fig. 3.

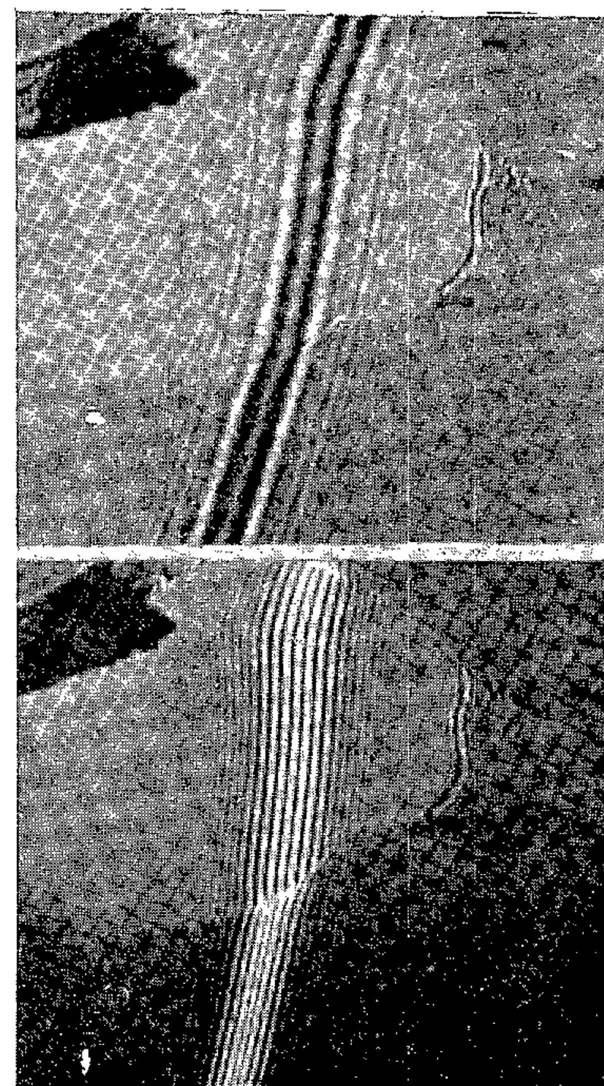


Fig. 4.

la lentille quadrupolaire est excitée. Les images sont bien visibles, les temps de pose de l'ordre de quelques secondes, la résolution meilleure.

Dans ces conditions améliorées, on observe commodément les franges de diffraction d'un fil, ainsi que les franges du biprisme de Fresnel; le biprisme est un fil d'araignée métallisé de 0,4 μ de diamètre, placé suivant l'axe d'une fente et porté par rapport aux lèvres de la fente à un potentiel positif. La figure 3 montre les aspects successifs de la figure de diffraction et d'interférences pour des excitations croissantes du fil.

Cette expérience a été réalisée par G. Möllenstedt et H. Düker [2] avec des électrons de 20 kV. Le montage que nous décrivons utilise des lentilles magnétiques et des électrons de plus grande énergie (60 kV), ce qui réduit la diffusion inélastique à la traversée d'une lame mince.

Si l'on interpose entre le biprisme et le plan d'observation un film de carbone de 100 Å, les franges de diffraction ou d'interférences restent visibles (*fig.* 4) : la cohérence du faisceau n'est pas détruite par la traversée de la lame.

Les résultats présentés sont numériquement en accord avec les formules de l'optique écrites en prenant pour longueur d'onde l'expression classique proposée par Louis de Broglie, et montrent l'intérêt de développer l'optique physique des corpuscules. La conservation de la cohérence après traversée d'une lame matérielle laisse entrevoir la possibilité d'une interférométrie électronique susceptible, dès l'instant où sera réalisé un interféromètre à faisceaux séparés, d'aider à la compréhension des phénomènes d'interaction entre les électrons et la matière.

Remarques au sujet de la Note précédente,

par M. **Louis de Broglie**.

M. Louis de Broglie félicite M. Gaston Dupouy des beaux résultats expérimentaux obtenus par ses collaborateurs dans le laboratoire d'Optique électronique qu'il dirige à Toulouse. Il est du plus grand intérêt d'avoir pu obtenir avec des électrons toute une série de phénomènes d'interférences et de diffraction qui étaient depuis longtemps classiques dans le domaine de la lumière : il est plus intéressant encore de montrer que l'onde associée à un électron forme un long train d'ondes cohérent. Sans doute tous ces résultats pouvaient être prévus à l'aide des conceptions de la Mécanique ondulatoire, mais les admirables clichés présentés par M. Dupouy en apportent pour la première fois la preuve expérimentale.

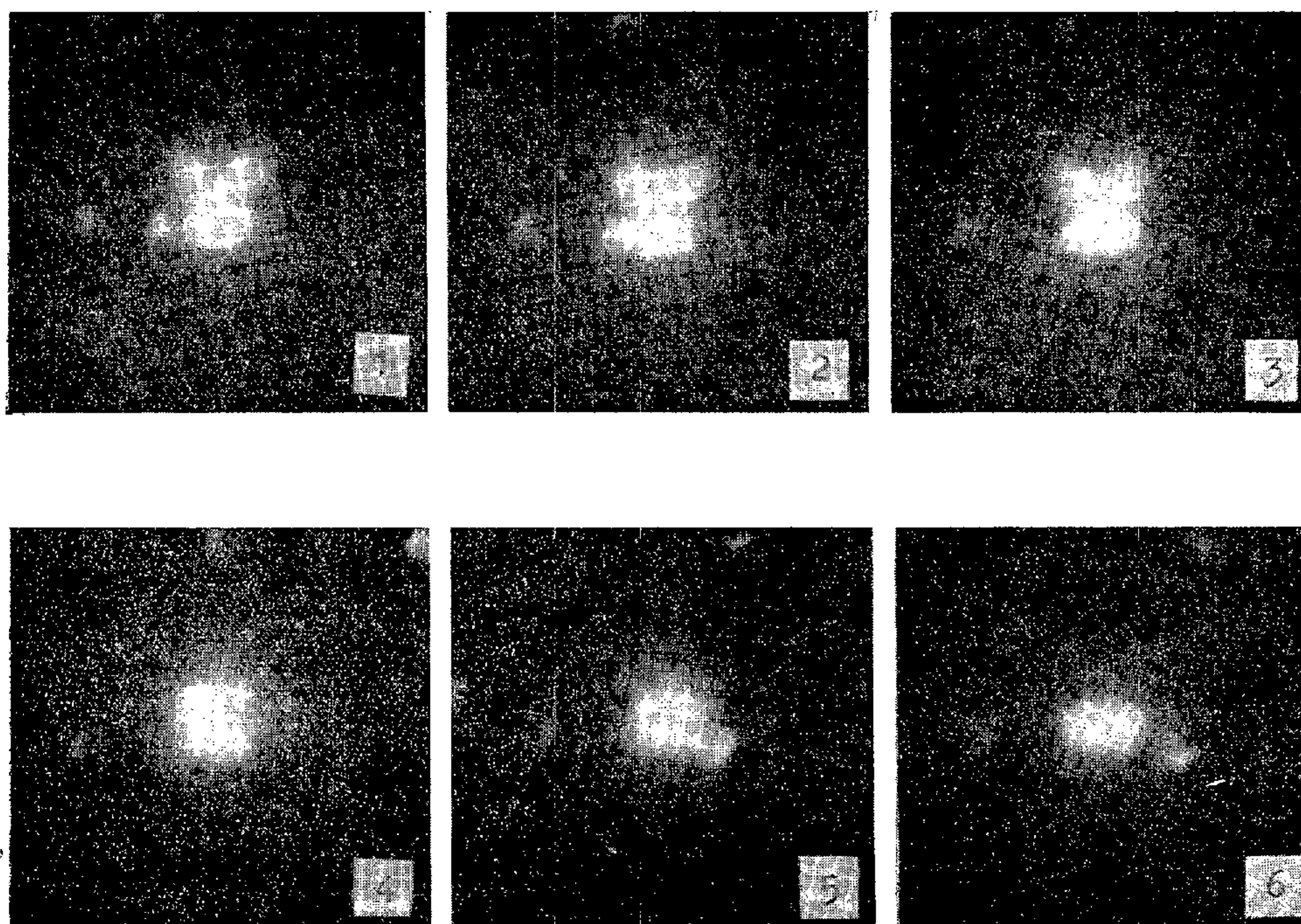
(1) Ch. Fert et R. Saporte, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1107.
(2) *Z. Phys.*, 145, 1956, p. 377.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Interprétation des images dites en « lames de parquet » obtenues au microscope électronique avec des cristaux tabulaires d'oxyde molybdique.* Note de M. **Émile Pernoux**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Sur certains cristaux tabulaires d'oxyde molybdique, apparaissent au cours des premières minutes d'observation des structures nervurées tout à fait caractéristiques orientées suivant les plans (203) et $(20\bar{3})$, auxquelles nous avons donné le nom de « franges en lames de parquet » ([1]), ([2]). Ces franges prennent naissance sous forme de fuseaux étroits qui s'élargissent et disparaissent lorsqu'ils ont fait leur jonction. On constate d'autre part que les franges d'extinction qui sillonnent la surface du cristal sont notablement déplacées lorsqu'elles traversent une « lame de parquet », preuve que l'orientation cristalline de ces régions est bien légèrement décalée par rapport au réseau primitif ([2]). En fait, tout se passe comme si chaque lame était soit enfoncée, soit soulevée par rapport à la surface du cristal ([3]). La validité de cette interprétation a d'abord fait l'objet de certaines critiques mais elle vient d'être récemment reprise et confirmée par Hashimoto grâce à la micro-diffraction ([4]). Il a en effet observé sur les diagrammes donnés par les lames de parquet un dédoublement des spots prouvant que ces domaines sont bien désorientés par rapport au reste du cristal.

De notre côté, nous sommes arrivés à produire des cristaux d'oxyde molybdique à la fois très transparents et de très grandes dimensions (10 à 20 μ) dont on obtient facilement le diagramme avec un pinceau électronique relativement large couvrant un grand nombre de lames. Le diagramme ainsi formé fournit des renseignements globaux immédiatement rattachables à l'évolution des franges suivie sur l'image microscopique. En l'absence de « lames », les spots du diagramme sont simples et circulaires (cristal unique parfait), mais dès que celles-ci apparaissent, ils se dédoublent. Deux spots supplémentaires se forment et se détachent du premier suivant deux directions perpendiculaires aux plans (203), $(20\bar{3})$ (*fig.* 1). L'écartement des spots, nul au début, passe par un maximum au moment où le développement des franges devient lui-même maximum (*fig.* 2 et 3) pour tendre à nouveau vers zéro lorsque les franges s'éteignent (*fig.* 4, 5 et 6). L'intensité des spots supplémentaires est en bon accord avec l'étendue occupée par les lames qui leur donnent naissance. Leur forme (presque circulaire) prouve de plus que tous les domaines d'un même groupe [(203) ou $(20\bar{3})$] présentent au même instant des orientations cristallines très voisines. Un dépouillement complet des diagrammes montre que les plans diffractants (100) et (101), responsables des spots qui se dédoublent, subissent une désorientation qui, lorsqu'elle est maximum

(*fig.* 2), équivaut à une rotation de 10^{-2} rad accompagnée d'une variation relative d'équidistance du même ordre (10^{-2}).



En conclusion, nous pouvons affirmer que la présence des franges en « lames de parquet » dans l'image électronique est étroitement liée à des distorsions momentanées du réseau cristallin.

(1) R. BERNARD et E. PERNOUX, *Congrès de microscopie électronique*, Paris, 1950.
(2) E. PERNOUX, *Thèse*, Paris, 1953.
(3) R. BERNARD et E. PERNOUX, *Optik*, **11**, 1954, p. 335-348.
(4) H. HASHIMOTO, *J. Phys. Soc. Japan*, **9**, 1954, p. 150-161.

OPTIQUE. — *Facteurs de réflexion du gallium en lames minces.*
Note de M. **JEAN TORTOSA**, présentée par M. Gustave Ribaud.

INTRODUCTION. — Utilisant une technique mise au point par M. Perrot (1), (2), (3), (4) nous avons entrepris l'étude sous vide de certaines propriétés optiques et électriques de films minces de gallium.

Nous publions ici une première série de travaux se rapportant à la détermination du facteur de réflexion $\mathcal{R}'$, en fonction de l' « épaisseur équivalente » *e*

de la lame mince, quand la réflexion se fait sur le métal, au contact du support transparent. Les résultats concernant l'étude simultanée sous vide des autres facteurs optiques seront publiés ultérieurement.

Le gallium utilisé, préparé selon un procédé récemment mis au point par P. de la Bretèque, possède un très haut degré de pureté. Son point de fusion est de 29°,75 et son point d'ébullition qui est de 2 000°C sous la pression atmosphérique n'est plus que de 900°C sous 4.10^{-4} mm de Hg ce qui fait que sa vaporisation sous vide ne nécessite qu'une température de creuset peu élevée.

Méthode de mesure. — *a. Mesure sous vide des facteurs de réflexion côté verre.* — Un faisceau de lumière complexe, sur le trajet duquel on interpose des filtres, vient se réfléchir sous une incidence voisine de la normale sur une lame de verre prismatique (3° environ). Ceci permet d'isoler l'onde lumineuse réfléchie par la face recevant la vapeur de gallium. Le réglage optique de la lame prismatique s'effectue sous vide à l'aide d'un système utilisant des entrées tournantes ([3]). La lumière réfléchie est reçue sur une cellule photoélectrique. On compare à chaque instant le faisceau réfléchi par le métal à celui qui est réfléchi par le support, avant la projection.

Nous avons prélevé sur le trajet du faisceau incident une partie de la lumière non filtrée pour l'envoyer dans une cellule de contrôle. Un dispositif auxiliaire de réglage de la tension permet de maintenir constant le flux incident à 0,5 % près.

On élimine les impuretés provenant du début de la projection en se servant d'un cache mobile. Les mesures sont faites sous une pression contrôlée de l'ordre de 10^{-6} mm de Hg.

b. Détermination de l' « épaisseur équivalente » de la lame. — Cette « épaisseur » est déduite de l'augmentation de poids d'une lamelle couvre-objet de microscope placée à côté de la lame prismatique, la densité du film étant prise égale à celle du gallium massif ($d = 6$).

Le débit θ du produit évaporé est maintenu constant pendant la durée de la manipulation. Pour ce faire, on contrôle la température du creuset en recevant une fraction de la lumière qu'il émet sur une cellule photoélectrique. On corrige les variations éventuelles de température par un réglage du courant. Les épaisseurs obtenues sont alors fonction linéaire du temps employé à la projection. On évite ainsi les erreurs de pesées inhérentes à l'action particulière des gaz sur les lames les plus minces ([4]). Les masses déterminées étant fortes, les erreurs relatives sont faibles, même aux faibles épaisseurs. On fait varier θ, pour l'ensemble des manipulations, de 8 à 20 mμ/h.

L'erreur relative sur les pesées est inférieure à 5 % quelle que soit l'épaisseur. Celle qui pourrait provenir des variations de θ est beaucoup plus faible.

Résultats. — Au cours de diverses expériences effectuées avec un débit θ de

l'ordre de 10 mμ/h, les facteurs de réflexion ont été mesurés, pour trois radiations du mercure, à intervalles de temps réguliers, jusqu'à une épaisseur finale de métal de 20 mμ.

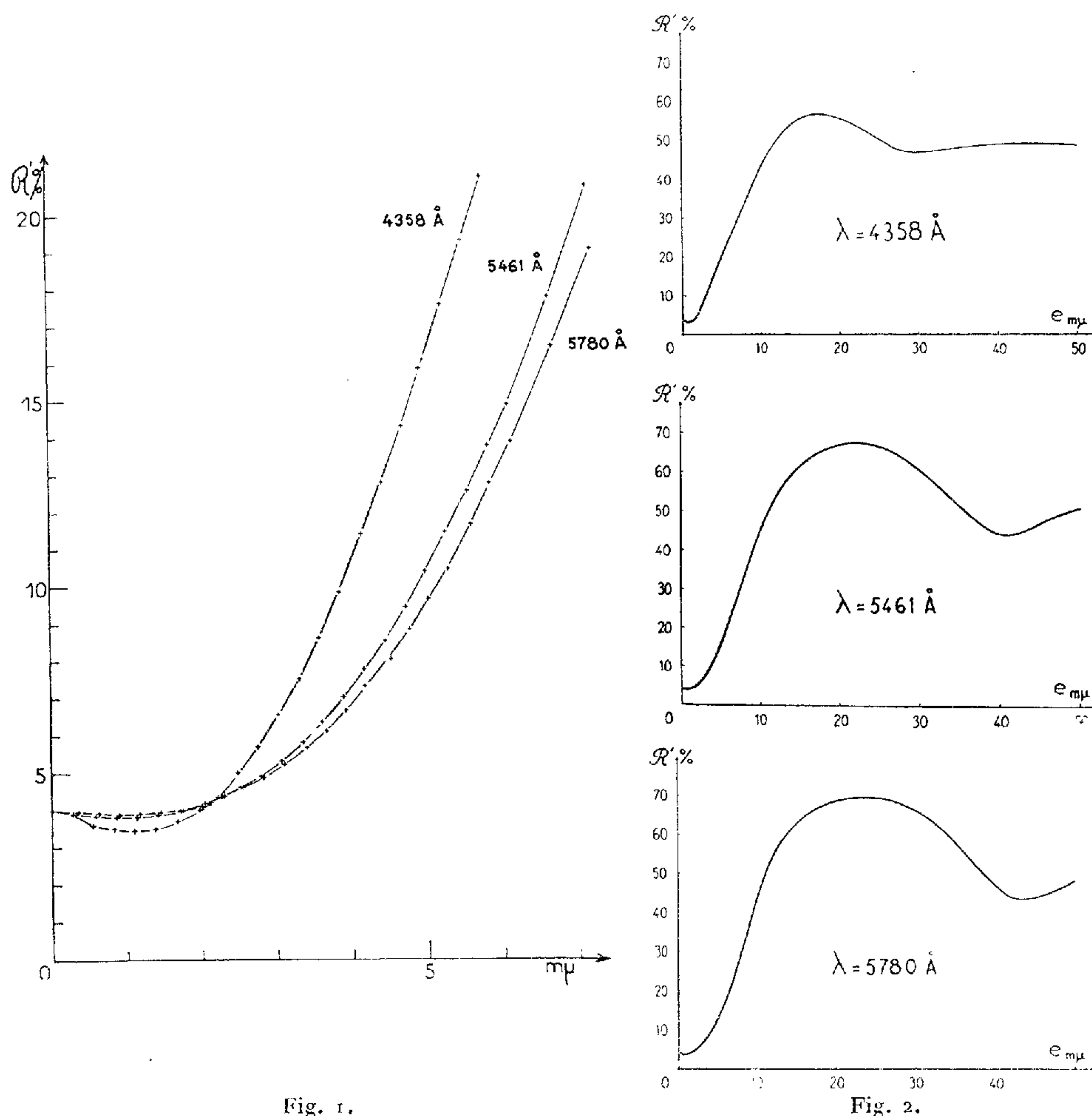


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 1 donne les variations $\mathcal{R}' = f(e)$ obtenues en limitant le tracé à un domaine où la méthode peut être considérée comme suffisamment correcte. La figure 2 obtenue par le même procédé, ne fournit que l'allure des variations $\mathcal{R}' = f(e)$ dans un domaine d'épaisseur beaucoup plus étendu, avec $\theta = 20\,\text{m}\mu/\text{h}$.

Nous avons remarqué que cette allure semble légèrement affectée, d'une expérience à l'autre, par la variation du débit θ de la projection.

La lame obtenue en fin de projection étant stabilisée sous une pression de l'ordre de 10^{-6} mm de Hg, on constate que $\mathcal{R}'$ diminue lorsqu'on fait croître la pression jusqu'à 760 mm de Hg. Cette évolution paraît d'autant plus

importante que la projection a été plus rapide. Cette variation est irréversible et semble due à une modification chimique de la lame. On peut observer une modification réversible beaucoup plus faible lorsqu'on fait ensuite varier alternativement la pression. La variation irréversible peut atteindre la valeur $\Delta \mathcal{R}' = 20\,\%$. Ceci montre de façon nette le peu de crédit que l'on devrait accorder à des mesures de facteurs de réflexion qui seraient effectuées dans l'air.

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1269; *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 384.

(2) M. Perrot et S. Arcaix, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1139.

(3) M. Perrot et J.-P. David, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 194.

(4) M. Perrot, J.-P. David, J. Koch et M.-T. Saugier; *Arch. orig. C. N. R. S.*, n° 355, 1956,

SPECTROSCOPIE. — *Sur le calcul des intensités dans les spectres de bandes des molécules diatomiques (cas de l'oscillateur harmonique).* Note de M. **Jean Ruamps**, présentée par M. Jean Cabannes.

D. R. Bates (1) a publié des tables pour le calcul des intensités des bandes d'un système émis au cours d'une transition électronique, dans l'hypothèse de l'oscillateur harmonique, et a indiqué diverses méthodes pour tenir compte de l'anharmonicité. Malheureusement il a limité ses tables à $v' + v'' \leq 4$ (avec en plus les bandes 5-0, 6-0, 0-5 et 0-6), vraisemblablement en raison de la complexité rapidement croissante des formules de E. Hutchisson (2). J'ai établi un procédé de calcul qui, dans le cas où les fréquences de vibration des deux états électroniques envisagés ne sont pas trop différentes, permet d'étendre facilement et de façon considérable les tables de Bates, au point qu'il serait sans doute nécessaire de perfectionner les corrections d'anharmonicité pour que certains des résultats obtenus ne soient pas illusoires.

1. *Étude d'un cas particulier.* — Soient 1 et 2 deux états électroniques d'une molécule diatomique. Nous supposerons que les courbes donnant les énergies potentielles en fonction de la distance des deux noyaux sont paraboliques et *que les fréquences fondamentales de vibration sont égales* $\omega_1 = \omega_2 = \omega$. Nous appellerons $f_{v_1}(x)$ la fonction d'onde normée correspondant au niveau de vibration v_1 de l'état 1, $g_{v_2}(x)$ celle du niveau de vibration v_2 de l'état 2. x est la distance internucléaire (à une constante additive près, que je préciserai plus loin) évaluée avec l'unité de longueur habituelle $[(1/2\pi)(\sqrt{h/\mu\omega})]$ qui donne pour un oscillateur harmonique ayant pour position d'équilibre $x = 0$, pour masse réduite μ et pour fréquence de vibration ω, les fonctions d'onde normées [*cf.* par exemple (3)].

$$\varphi_v(x) = \sqrt{\frac{1}{2^v v!\sqrt{\pi}}}\, e^{-\frac{x^2}{2}}\, H_v(x),$$

avec

$$H_v(x) = (-1)^v e^{x^2} \frac{d^n}{dx^n}(e^{-x^2}).$$

Il s'agit de calculer l'intégrale de recouvrement

$$(v_1, v_2) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_{v_1}(x) g_{v_2}(x)\, dx,$$

dont le carré donne l'intensité de la bande $v_1 - v_2$. Dans la dénomination des bandes, comme dans le symbole représentant l'intégrale de recouvrement, le premier nombre se rapporte à l'état 1, le second à l'état 2. Appelant r_1 et r_2 les distances internucléaires, à l'équilibre, de l'état 1 et de l'état 2, le choix du point d'abscisse $(r_1 + r_2)/2$ comme origine de l'axe des x s'avère le plus commode. En posant comme Bates et Hutchisson $r_1 - r_2 = \Delta = 2k$ [c'est-à-dire $\Delta = 0,1725\sqrt{\mu\omega}(r_1 - r_2)$, si μ est en unité de masse atomique, ω en kaysers, $r_1 - r_2$ en Å], on obtient

$$f_{v_1}(x) = \varphi_{v_1}(x - k),$$
$$g_{v_2}(x) = \varphi_{v_2}(x + k)$$

et

$$(v_1, v_2) = \frac{1}{\sqrt{2^{v_1+v_2} v_1!\, v_2!\, \pi}} e^{-k^2} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} H_{v_1}(x - k) H_{v_2}(x + k)\, dx.$$

On peut développer les polynomes d'Hermite $H_{v_1}(x - k)$ et $H_{v_2}(x + k)$ par rapport à k par la formule de Taylor, puis utiliser le fait que

$$\frac{d^i}{dx^i}(H_n(x)) = 2^i \frac{n!}{(n-i)!} H_{n-i}(x).$$

Les propriétés d'orthogonalité permettent ensuite de calculer simplement l'intégrale des divers termes qui apparaissent. On reconnaît alors, en facteur dans le résultat, un polynome de Laguerre en $2k^2$ et l'on aboutit à

$$(v_1, v_2) = \sqrt{\frac{v_1!}{v_2!}}\, e^{-\frac{\Delta^2}{4}} \left(\frac{\Delta}{\sqrt{2}}\right)^{v_2 - v_1} L_{v_1}^{v_2 - v_1}\left(\frac{\Delta^2}{2}\right) \qquad \text{si} \quad v_2 \geqq v_1.$$

Si $v_2 \leqq v_1$ on se ramène à la même formule en remarquant que

$$(v_1, v_2) = (-1)^{v_2 - v_1}(v_2, v_1).$$

Le polynome de Laguerre est défini par

$$L_n^a(x) = \frac{1}{n!} e^x x^{-a} \frac{d^n}{dx^n}(e^{-x} x^{n+a}).$$

La formule obtenue est d'ailleurs un cas particulier d'une formule donnée par Erdelyi ([4]) qui s'écrit

$$\frac{1}{\sqrt{2^{m+n}}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} H_m(x + u) H_n(x + v)\, dx = \sqrt{\pi}\, n!\, (\sqrt{2}\, u)^{m-n} L_n^{m-n}(-2uv) \; (\text{si } m \geqq n).$$

Quand $v_1 = v_2$, les tables de $e^{-(t/2)}L_n^0(t)$ calculées par F. Tricomi ([5]) pour $n \leqq 10$ fournissent directement (v, v) en posant $t = (\Delta^2/2)$. Ces tables permettent de plus l'établissement relativement facile de tables de (v_1, v_2) pour $v_1 - v_2 = 1, 2, 3, \ldots$ en utilisant plusieurs fois de suite, comme l'indique Tricomi pour le calcul de $e^{-(t/2)}L_n^a(t)$, la relation

$$L_n^a = 1 + L_1^{a-1} + L_2^{a-1} + \ldots + L_n^{a-1}.$$

Tout ceci revient à dire que les premières colonnes $[(\omega_2/\omega_1) = 1]$ des tables de Bates se trouvent toutes calculées pour les bandes de la séquence 0-0 jusqu'à la bande 10-10 (alors que Bates s'était arrêté à 2-2) et que les séquences voisines ne demandent pas un travail trop considérable.

Nous exposerons dans une autre publication comment on peut envisager de calculer les intégrales de recouvrement dans le cas général par un développement en série au voisinage du cas particulier qui vient d'être étudié.

Remarque. — Bates a supprimé le facteur $(-1)^v$ dans $H_v(x)$ ce qui est contraire aux notations adoptées dans la grande majorité des livres de Mécanique Quantique. Pour rendre ses tables conformes à la notation classique il suffit de changer le signe des valeurs qu'il donne quand v_1 et v_2 sont de parités différentes.

(1) *Mon. Not. R. Astr. Soc.*, 112, 1952, p. 614.
(2) *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 410.
(3) Ph. PLUVINAGE, *Éléments de la Mécanique quantique.*
(4) A. ERDELYI, *Tables of Integral transforms*, 2, p. 292, formule (30).
(5) *Atti Accad. Sc. Torino Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.*, 76, 1941, p. 288.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Déshydratation du sel de Seignette étudiée par spectrométrie infrarouge.* Note de M. **MICHEL-PIERRE BERNARD**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié, à — 180° C, entre 3600 et 700 cm⁻¹, le spectre d'absorption d'échantillons de sel de Seignette présentant divers degrés d'hydratation, ce qui permet d'obtenir des renseignements sur les degrés de liaison des molécules d'eau.

Nous avons étudié à la température de l'azote liquide avec deux spectrographes Perkin-Elmer modèles 21 et 12 C à prismes NaCl et LiF entre 3600 et 680 cm^{-1} des cristaux de sel de Seignette obtenus à partir du sel ordinaire à 4 mol d'eau et présentant les taux d'hydratation suivants :

1° 100 % d'eau : Seignette ordinaire;
2° 35 % d'eau : Seignette conservé longtemps en dessiccateur;
3° 25 % d'eau : Seignette chauffé à 80° C;
4° 5 % d'eau : Seignette chauffé à 150° C.

TABLEAU I.

Nombres d'onde (cm⁻¹).

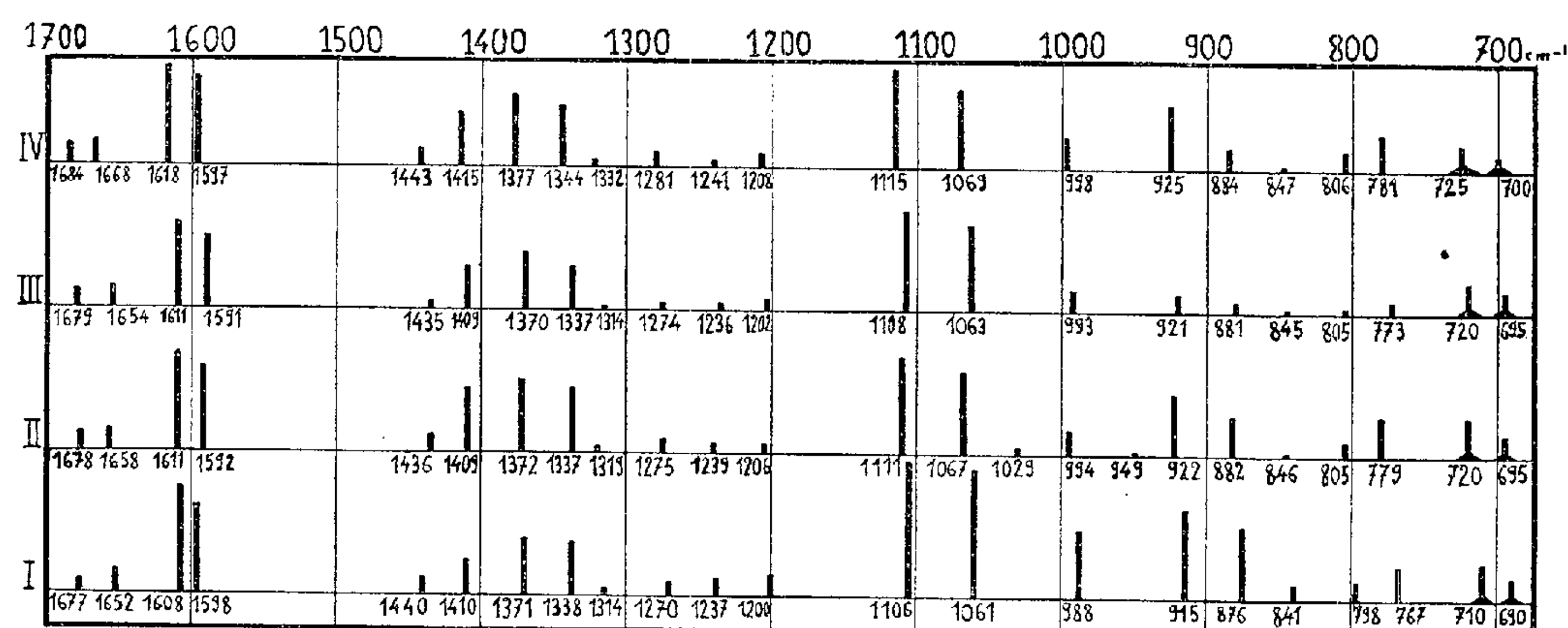
Sel ordinaire	300° K...	3400	–		3200	–		–	2975	2925	–
à 100 % d'eau	100° K...	–	–	Sans changement			–	–	–	–	–
Sel	300° K...	3397	–		3197	–		–	2971	2921	2850
35 % d'eau	100° K...	–	3332	3235	–	3173		–	Sans changement		
Sel	300° K...	3393	–	–	3195	–		–	2970	2920	2851
à 25 % d'eau	100° K...	–		–	–	3178		–	Sans changement		
Sel	300° K...	3394			3205	–	3140	–	2960	2920	2852
à 5 % d'eau	100° K...	–		–	–	3191	–	3125	Sans changement		

D'après le tableau I, le refroidissement à —180°C des échantillons déshydratés laisse inaltérées les fréquences d'absorption de certaines molécules d'eau peu perturbées : 3400 cm⁻¹ ou nettement plus perturbées : 2850 cm⁻¹, mais on note d'importants abaissements de fréquence dans la région 3 200-3 120 cm⁻¹. Ainsi les bandes 3 205 et 3 140 cm⁻¹ sont déplacées en 3 191 et 3 125 cm⁻¹.

Nous supposons donc que les 4 mol d'eau, renfermées dans le sel de Seignette, ne sont pas équivalentes et que celles qui subissent les plus grandes modifications de fréquence sont certainement les molécules responsables de la piézoélectricité. Dans cette même zone d'absorption, on ne note, pour les vibrations de valence du groupement CH, que des déplacements assez faibles à la suite de la déshydratation : 2 975 à 2 960 cm⁻¹ et 2 925 à 2 920 cm⁻¹.

TABLEAU II.

Nombre d'onde (cm⁻¹).



Relativement au tableau II, le faible déplacement des bandes appartenant au squelette de l'ion tartrique, observées entre 1 700 et 700 cm⁻¹, prouve que les molécules d'eau sont assez peu liées au reste de la molécule. Remarquons

toutefois que sur les échantillons très déshydratés, on constate de légers déplacements, les fréquences étant plus élevées que sur les échantillons ordinaires ou moyennement déshydratés.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Effet Stark du niveau* $6\,^3P_1$ *de l'atome de mercure.* Note (*) de MM. **Jacques Émile Blamont** et **Jean Brossel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons mesuré l'effet Stark du niveau 6^3P_1 de l'atome de mercure à l'aide des méthodes de la résonance magnétique dans leur version applicable à l'étude des états excités ([1]). L'effet, dans ce cas, est quadratique, et le déplacement énergétique du niveau $|F, m_F\rangle$ est donné, en fonction du champ électrique E_z par une expression de la forme ([2])

$$\Delta\nu = (A_F + B_F m_F^2)\,E_z^2, \tag{1}$$

dans laquelle A_F et B_F sont deux constantes caractéristiques du niveau hyperfin F; les niveaux $+m_F$ et $-m_F$ sont déplacés de la même quantité par le champ E_z.

Le calcul de la valeur absolue des constantes A_F et B_F est peu sûre. Par contre, C. H. Townes et W. Low ([3]) et Y. Ayant ([4]) ont montré que A_F et B_F relatifs au niveau hyperfin F d'un isotope quelconque peuvent se calculer à partir de A_J et de B_J, constantes relatives aux isotopes pairs. B_F *en particulier ne dépend que de* B_J. Le résultat de leur calcul apparaît dans le tableau.

	I.	F.	B_F.
Isotopes pairs	0	1	B_J
^{199}Hg	1/2	1/2	0
		3/2	$1/3\,B_J$
^{201}Hg	3/2	1/2	$1/6\,B_J$
		3/2	$-4/15\,B_J$
		5/2	$1/10\,B_J$

La fréquence d'une transition basse fréquence ($F \to F$, $m_F \to m_F + 1$) ne dépend que de B_F. Si l'on mesure l'effet Stark des isotopes pairs, le tableau précédent permet de calculer celui des autres isotopes.

Nous avons effectué ces mesures et trouvé une confirmation complète des formules précédentes. La technique utilisée a été décrite précédemment ([5]). L'atome était placé dans un champ magnétique H_z dans lequel les transitions Zeeman $m_F \to m_F + 1$ étaient observées. H_z était suffisamment grand pour que le découplage I — J soit appréciable et que les diverses transitions soient séparées par effet Back-Goudsmit. On ajoutait alors un champ E_z parallèle à H_z. Les déplacements Stark, et Zeeman, dans ce cas, s'ajoutent, et l'on observe un déplacement de la raie, calculable par l'équation (1). La figure 1

illustre le cas des résonances $F = 3/2$ de ^{199}Hg à une fréquence de 380 m/s. On voit que les raies ($-1/2 \rightarrow -3/2$) et ($1/2 \rightarrow 3/2$) sont écartées de façon sensible par un champ E_z de 40 kV/cm. La mesure du déplacement fournit la grandeur et le signe de B_F (donc celui de B_J, on trouve ainsi que B_J est *négatif*).

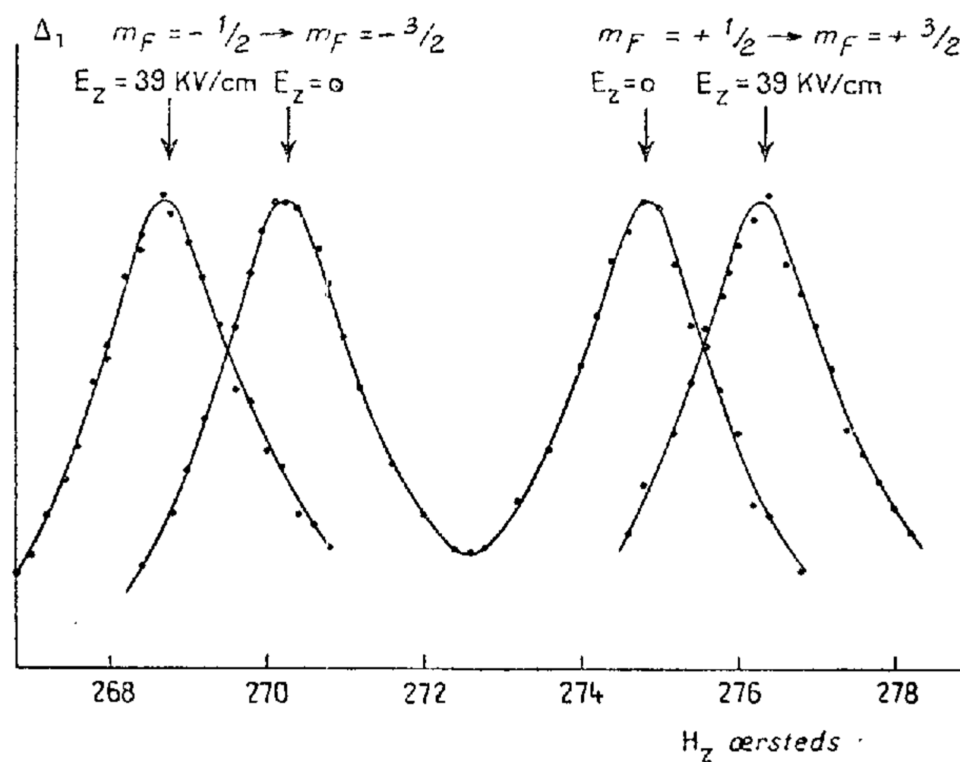


Fig. 1.

Dans le cas des isotopes pairs, les résonances Zeeman $0 \rightarrow +1$ et $0 \rightarrow -1$ sont superposées. On observe une seule raie que le champ électrique dédouble. Nous observions simultanément les vibrations optiques σ^+ et σ^- réémises par

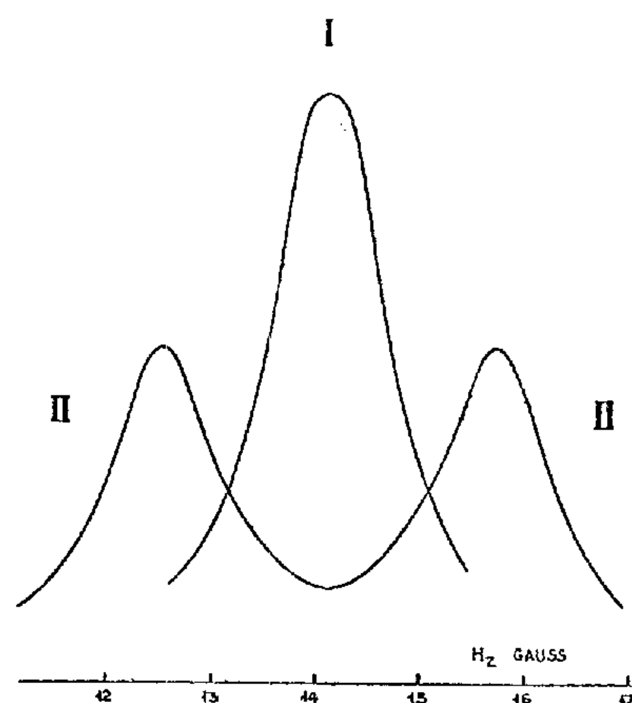


Fig. 2.

l'atome. Il est impossible dans ces conditions de dire si la fréquence de la raie $0 \rightarrow 1$ est augmentée ou diminuée par effet Stark. (c'est-à-dire de trouver le signe de B_J, celui-ci est fixé par les mesures sur les isotopes impairs). La figure 2 illustre le cas des isotopes pairs. La courbe (I) est la résonance

Zeeman, la courbe (II) la résonance lorsque E_z et H_z sont superposés. Si les deux composantes $0 \to 1$ et $0 \to -1$ ne sont pas complètement résolues, leur différence de fréquence ne se déduit pas de façon simple de la distance des maxima de la courbe (II); la forme de cette courbe a été calculée théoriquement ([6]), elle est très complexe; la distance des maxima dépend en particulier de l'amplitude H_1 du champ de radiofréquence qui induit la transition.

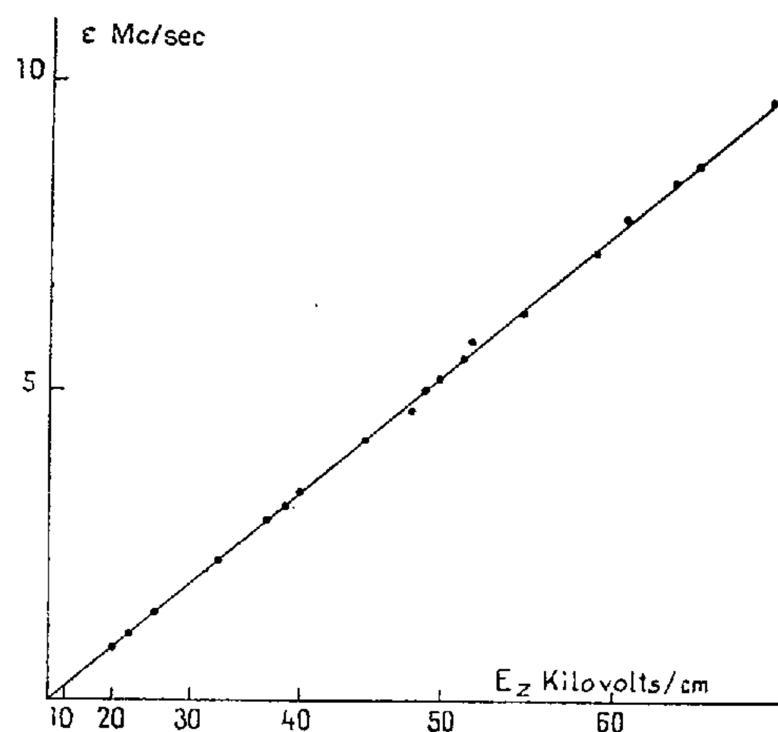


Fig. 3.

La figure 3 donne le résultat des mesures sur les isotopes pairs. En abscisses E_z, dans une échelle quadratique. En ordonnée le déplacement Stark. L'effet est bien quadratique. On trouve dans le cas que $\Delta\nu = 21{,}3 \pm 0{,}5$ mc/s pour $E_z = 100\,000$ V/cm.

Dans le cas de ^{201}Hg, l'effet Stark tend à écarter les composantes Zeeman de la configuration $F = 3/2$ et à rapprocher celles de la configuration $F = 5/2$.

Nous utilisions des échantillons enrichis à 70 % environ de l'isotope étudié; les lampes excitatrices contenaient elles-mêmes des isotopes séparés et permettaient d'exciter la composante particulière que l'on étudiait. Un compte rendu détaillé paraîtra dans les Annales de Physique.

(*) Séance du 5 décembre 1956.

([1]) J. Brossel et F. Bitter, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 308.

([2]) E. U. Condon et G. H. Shortley, *The Theory of atomic spectra*, p. 409, Cambridge University Press, 1953.

([3]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1295.

([4]) Communication privée, *voir* J. E. Blamont, *Thèse*, Paris, 1956.

([5]) J. E. Blamont et J. Brossel, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1487.

([6]) J. E. Blamont, *Thèse*, Paris, 1956.

SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — *Orientation optique d'atomes de cœsium dans la vapeur saturante.* Note de MM. **André Blandin** et **Jean-Pierre Barrat**, présentée par M. Jean Cabannes.

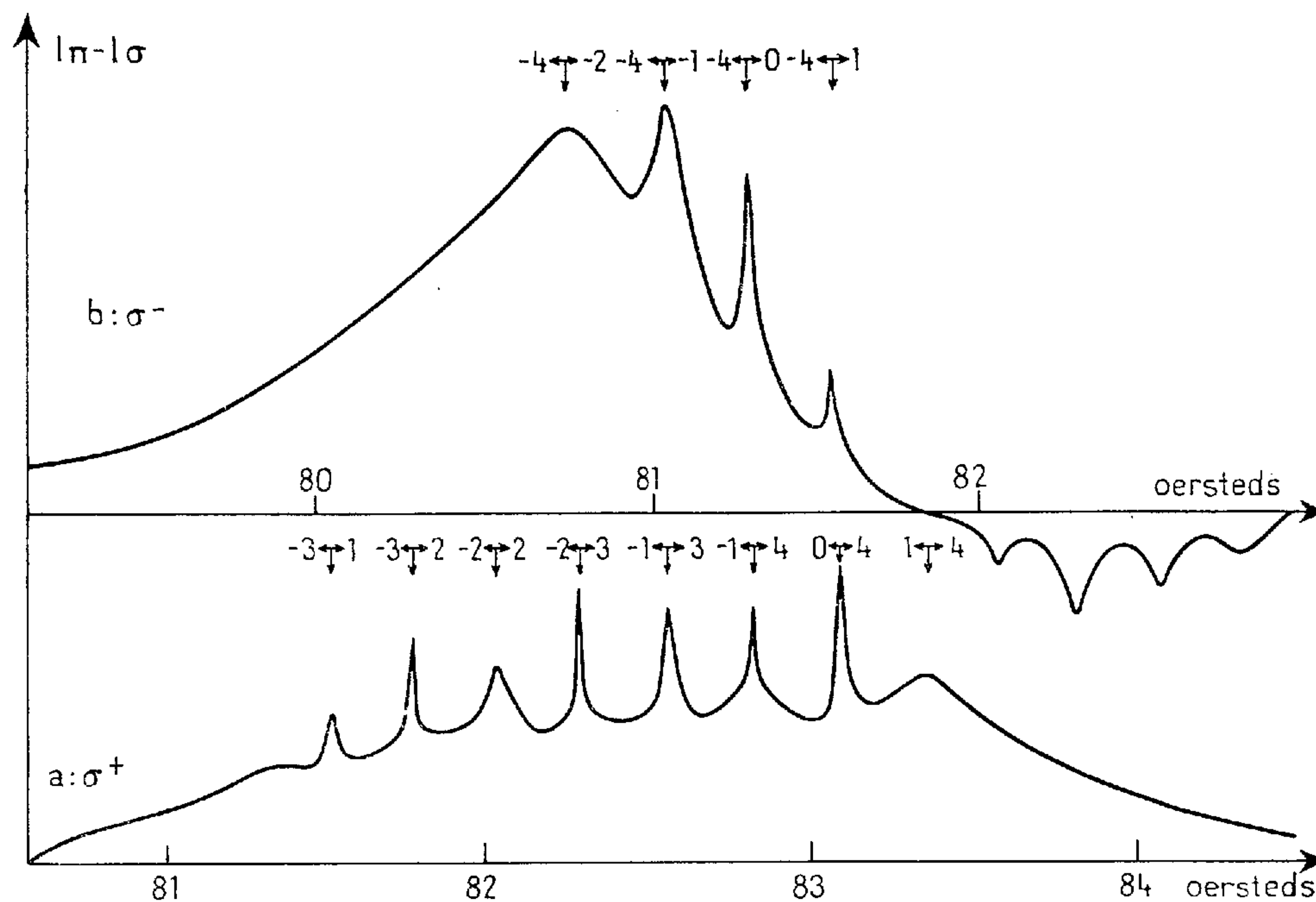
La méthode d'orientation optique utilisant l'excitation des atomes par leur raie de résonance polarisée circulairement [pompage optique ([1])] a été appliquée a l'orientation d'atomes de sodium soit dans un jet ([2]), soit dans une vapeur ([3]). Il est intéressant d'étendre cette méthode à d'autres éléments, en particulier pour étudier les résonances magnétiques de structure hyperfine dans l'état fondamental. Nous avons appliqué la méthode de pompage optique à l'étude de l'orientation atomique du cœsium.

L'expérience est réalisée dans des conditions analogues à celles de l'orientation optique de la vapeur de sodium ([3]). Une cellule sphérique de 7 cm de diamètre contenant du cœsium est placée dans un champ magnétique d'environ 80 Oe et éclairée dans la direction du champ, par la lumière de résonance du cœsium (raies 8943 et 8521 Å) polarisée circulairement dans le sens du courant magnétisant (lumière σ^+) ou dans le sens opposée (σ^-). La cellule est à la température ambiante (15°) à laquelle la pression de vapeur de cœsium est d'environ 10^{-6} mm de mercure. Le champ magnétique est créé par deux bobines de 60 cm de diamètre, placées en position d'Helmholtz. L'uniformité du champ $\Delta H/H$ dans le volume de la cellule est d'au moins 2.10^{-3} en valeur relative. La lumière excitatrice est fournie par quatre lampes Philips au cœsium de type SO 80, construites spécialement à notre demande par la Société Philips, Eindhoven. Cette lumière est polarisée par des filtres polaroïds spéciaux pour l'infrarouge type HN 7 fournis par la « Polaroïd Corporation » et des lames quart d'onde en mica construites par Mme Devaux-Morin.

Le taux d'orientation obtenu est augmenté, dans le cas du sodium, par la présence d'un gaz étranger ([4]). Dans le cas du cœsium, les expériences ont toujours été faites en présence d'hydrogène sous une pression de 0,3 à 0,7 mm de mercure. Un joint au palladium permettait l'introduction d'hydrogène pur dans la cellule.

Lorsqu'on effectue une résonance magnétique entre sous-niveaux Zeeman de même niveau hyperfin, l'égalisation de populations de ces niveaux modifie le taux de polarisation de la lumière de résonance optique réémise par les atomes. La détection de l'orientation se fait par l'observation des résonances magnétiques entre sous-niveaux Zeeman de l'état fondamental. Les deux photomultiplicateurs sensibles à l'infrarouge, qui ont été employés, ont été fournis par M. A. Lallemand. Leur fort courant d'obscurité à la température ordinaire (4.10^{-7} A, soit dix fois le courant correspondant au signal de résonance optique de la cellule), oblige à les maintenir à la température de -40°C. Ils sont placés dans un vase de Dewar refroidi par un courant

d'air froid. Le courant d'obscurité est alors ramené à quelques 10^{-10} A. Un des photomultiplicateurs reçoit la composante σ^+ et l'autre la composante π de la lumière de résonance; l'observation de la différence des signaux est obtenue au moyen d'un montage en pont. L'expérience est faite à fréquence fixe (28,436 MHz) et champ magnétique variable.



Le spin nucléaire de l'isotope naturel ^{133}Cs est $I = 7/2$. Dans l'état fondamental $6\,^2S_{1/2}$, il y a deux niveaux hyperfins caractérisés par les nombres quantiques $F = 3$ et $F = 4$. Il doit apparaître huit résonances simples, sept résonances doubles faisant intervenir l'absorption ou l'émission de deux quanta ([2]), ([5]), six résonances triples etc., lorsque l'intensité du champ de radiofréquence augmente. Les courbes (*a*) et (*b*) montrent le résultat des mesures; en abscisses est porté le champ magnétique, en ordonnées la déviation du galvanomètre donnant la différence $I_\pi - I_\sigma$ des intensités des signaux π et σ. La courbe (*a*) correspond à un éclairage σ^+, la courbe (*b*) à un éclairage σ^-. La dissymétrie entre les deux cas, déjà constatée dans le cas du sodium ([6]), est frappante. Les résonances ont pu être identifiées par l'étude des réseaux de courbes prises à différentes intensités du champ de radiofréquence.

Le rapport de l'intensité du signal de résonance magnétique au signal total de résonance optique est assez faible, de l'ordre de 1,5 %, ce qui correspond à un taux d'orientation très faible. Une amélioration de l'orientation pourrait être

obtenue en remplaçant l'hydrogène par un gaz étranger plus lourd (ce qui augmente le temps de séjour des atomes dans la lumière orientatrice entre deux collisions désorientatrices contre les parois) et en améliorant l'intensité des sources lumineuses.

Quelques mesures de largeur ont été effectuées sur plusieurs raies de résonances ($-4 \rightarrow -3$, $-4 \rightarrow -2$, $-4 \rightarrow -1$, $-4 \rightarrow 0$) en éclairage σ^-. Une limite supérieure de la largeur, pour les résonances multiples, est 7 kc. La largeur est due en grande partie à l'inhomogénéité du champ magnétique dans la cellule et pourrait être diminuée en rendant celui-ci plus uniforme.

(1) A. KASTLER, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 255.

(2) J. BROSSEL, B. CAGNAC et A. KASTLER, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 984 et *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 6.

(3) J. P. BARRAT, J. BROSSEL et A. KASTLER, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1196; W. B. HAWKINS, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 478.

(4) J. BROSSEL, J. MARGERIE et A. KASTLER, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 865; P. L. BENDER, *Thèse*, Princeton, 1956; C. COHEN-TANNOUDJI, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1956.

(5) C. BESSET, J. HOROWITZ, A. MESSIAH et J. WINTER, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 251.

(6) J. MARGERIE, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1955.

RÉSONANCE MAGNÉTIQUE. — *Saturation et temps de relaxation dans la résonance paramagnétique électronique des charbons de sucre*. Note (*) de MM. **JEAN UEBERSFELD** et **EDMOND ERB**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un article récent (1) nous avions indiqué que pour certains charbons de sucre l'intensité de la résonance paramagnétique était exaltée lorsqu'on diminue la pression d'oxygène au-dessus du charbon (« effet I »), passait par un maximum pour une certaine pression p_M et décroissait quand la pression devient inférieure à p_M (« effet II »).

Nous avions donné de ce phénomène une interprétation chimique en faisant l'hypothèse d'une double réaction de l'oxygène sur les centres paramagnétiques des charbons.

Cette hypothèse ne peut plus être maintenue dans son intégralité à la suite des résultats suivants :

1° La valeur de p_M décroît avec la puissance d'hyperfréquences à l'aide de laquelle on produit la résonance magnétique, c'est-à-dire avec l'intensité du champ tournant H_1 que l'on applique à l'échantillon; lorsque le champ H_1 est assez faible l'« effet II », ne se produit plus.

On peut donc affirmer que cet effet n'est pas dû à une diminution du nombre des centres paramagnétiques, mais bien plutôt à une *saturation* de la raie de résonance paramagnétique.

2° L'étude de la dispersion permet de contrôler l'affirmation précédente : si

l' « effet II » est bien dû à la saturation il ne doit pas être observable sur la dispersion : c'est ce que confirme l'expérience.

Étude du temps de relaxation spin-réseau T_1. — Le fait que la saturation apparaisse — pour un champ tournant H_1 donné — lorsqu'on fait le vide au-dessus du charbon prouve que le temps de relaxation spin-réseau T_1 augmente en même temps que diminue la pression d'oxygène. Ce résultat met en évidence une relaxation des spins libres du charbon par l'atmosphère d'oxygène entourant le charbon et confirme ainsi le schéma proposé par L. S. Singer et W. J. Spry ([2]) pour rendre compte de l'action de l'oxygène sur le charbon.

D'autre part, nos résultats antérieurs ([1]) montrent que, pour une même pression d'oxygène, le temps T_1 est une fonction décroissante de la température θ_c de préparation du charbon (carbonisation du sucre).

Étude du temps de relaxation spin-spin T_2. — Ce temps est défini par $1/\gamma\,\Delta H$, où γ est le rapport gyromagnétique du charbon et ΔH la demi-largeur de la raie non saturée.

Pour des charbons carbonisés à des températures inférieures à 550° C (« charbons de basse température »), le temps T_2 est indépendant de la pression d'oxygène qui règne au-dessus du charbon, au moins lorsqu'on se limite à des pressions d'oxygène inférieures à la pression partielle de l'oxygène dans l'air.

Au contraire, pour des charbons préparés à des températures supérieures à 550° C (« charbons de haute température »), T_2 croît lorsque la pression d'oxygène décroît au-dessus du charbon.

Les différences de comportement des charbons de sucre vis-à-vis de l'oxygène peuvent être expliquées par des différences dans le rapport T_2/T_1.

Pour les charbons « de basse température », on aura à toute pression (inférieure à la pression partielle de l'oxygène dans l'air) $T_2/T_1 \ll 1$; la largeur de la raie ne dépendra pas de la pression d'oxygène : seul le temps de relaxation T_1 sera allongé quand le charbon sera placé sous vide.

Pour les charbons « de haute température », on aura $T_2/T_1 \sim 1$ au moins au-dessus d'une certaine pression. Le temps T_1 et la largeur de la raie varieront avec la pression d'oxygène.

Des mesures préliminaires de T_1 et T_2 montrent que lorsque la largeur de la raie dépend de la pression d'oxygène les ordres de grandeur de T_1 et T_2 sont comparables, alors que pour les charbons de basse température T_2 est toujours très inférieur à T_1.

Par ailleurs ces résultats ne préjugent pas d'un effet de destruction des radicaux libres par l'oxygène.

Des calculs et expériences détaillés sont en cours.

(*) Séance du 5 décembre 1956.

([1]) J. Uebersfeld et E. Erb, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 363.

([2]) *Bull. Amer. Phys. Soc.*, avril 1956, p. 214.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Matérialisation interne dans la transition monopolaire électrique* $0^+ \rightarrow 0^+$ *dans le* ^{90}Zr. Note de Mlle **Tosiko Yuasa**, Mme **Jeanne Laberrigue-Frolow** et M. **Louis Feuvrais**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Recherche expérimentale du spectre des e^+ dus à la matérialisation interne dans la transition $0^+ \rightarrow 0^+$ dans le ^{90}Zr, lors de la désintégration du ^{90}Y. L'observation du spectre des e^+ [$N_{e^+}/N_{\beta-} = (5,4 \pm 0,8).10^{-5}$] à l'aide d'un spectrographe à lentille magnétique épaisse confirme l'existence de cette transition.

Dans une Note précédente (1) nous avons confirmé l'existence de raies de conversion interne, observées pour la première fois par Johnson et al. (2), dues à une désexcitation $0^+ \rightarrow 0^+$ dans le ^{90}Zr. L'énergie de cette transition de l'ordre de 1,75 MeV peut également donner lieu à une matérialisation interne.

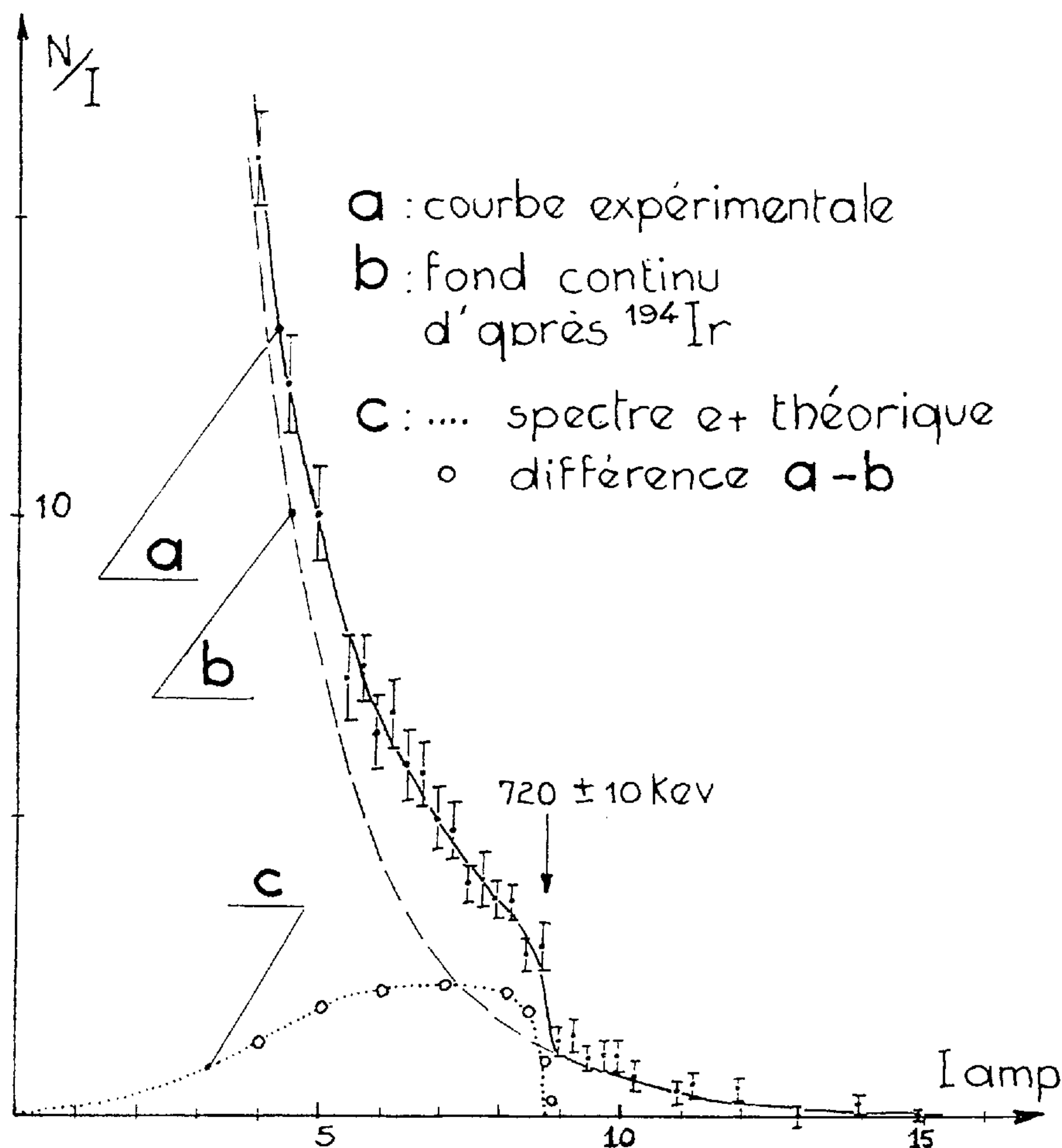
Une certaine divergence existe cependant entre les résultats expérimentaux concernant l'intensité du spectre des positons qui en résultent : Johnson et al. (2) donnent $N_{e^+}/N_{\beta-} = (2,0 \pm 1,0).10^{-4}$; J. Greenberg et M. Deutsch (3) trouvent ce rapport égal à $(3,6 \pm 0,9).10^{-5}$; enfin, au cours d'une expérience destinée à mesurer la vie du niveau excité 0^+, Deutsch (4) indique $N_{e^+}/N_{\beta-} = (8 \pm 3).10^{-5}$, sans toutefois insister sur la précision de la mesure.

La très faible intensité du spectre des e^+ rend difficile son observation dans un spectrographe à lentille magnétique, en raison de la diffusion des β^- du côté des e^+. Néanmoins, nous avons fait cette expérience à l'aide du spectrographe à lentille magnétique d'Ivry (1), après avoir modifié le diaphragme hélicoïdal assurant la séparation des e^+ des β^-. Les parois de ce diaphragme ont simplement reçu un certain nombre de traits de scie équidistants, chacun constituant pour les β^- une chicane et diminuant ainsi la surface réfléchissante des parois hélicoïdales (*fig.*). Dans ces conditions, en utilisant une source de ^{32}P, nous avons pu constater que l'intensité des β^- diffusés, pour $E > 200$ keV, est ainsi réduite par un facteur six, soit, $N_{\beta-}$ et diffusés dont $E > 200$ keV/$N_{\beta-}$ total $= 1,5.10^{-6}$.

Nous avons utilisé une source de ^{90}Y de 4 mC, dont l'activité spécifique est 5 mC/mg environ, préparée par M. Bonnin (1) et déposée sur une feuille de LC600 de 30 $\mu g/cm^2$ environ.

Nous avons observé, pour deux sources différentes et à trois reprises une bosse se superposant au fond continu du côté des e^+ et présentant une limite à 720 ± 10 keV (*fig.*, courbe *a*). L'évaluation du fond continu à l'aide d'une expérience similaire faite avec ^{194}Ir (émetteur β^-, $E_{max} = 2,2$ MeV, sensiblement égale à celle du ^{90}Y) (courbe *b*) nous permet de déterminer par soustraction un spectre qui coïncide bien avec la forme théorique des e^+ prédite par Thomas (5) et calculée par Greenberg et al. (3) (courbe *c*).

Nous avons mesuré par ailleurs la surface du spectre β^- de ^{90}Y avec la même source et pour les mêmes conditions expérimentales. Nous arrivons à $N_{e+}/N_{\beta-}=(5,4\pm0,8).10^{-5}$, en accord avec (3) et (4), mais non avec (2) (8). Cette

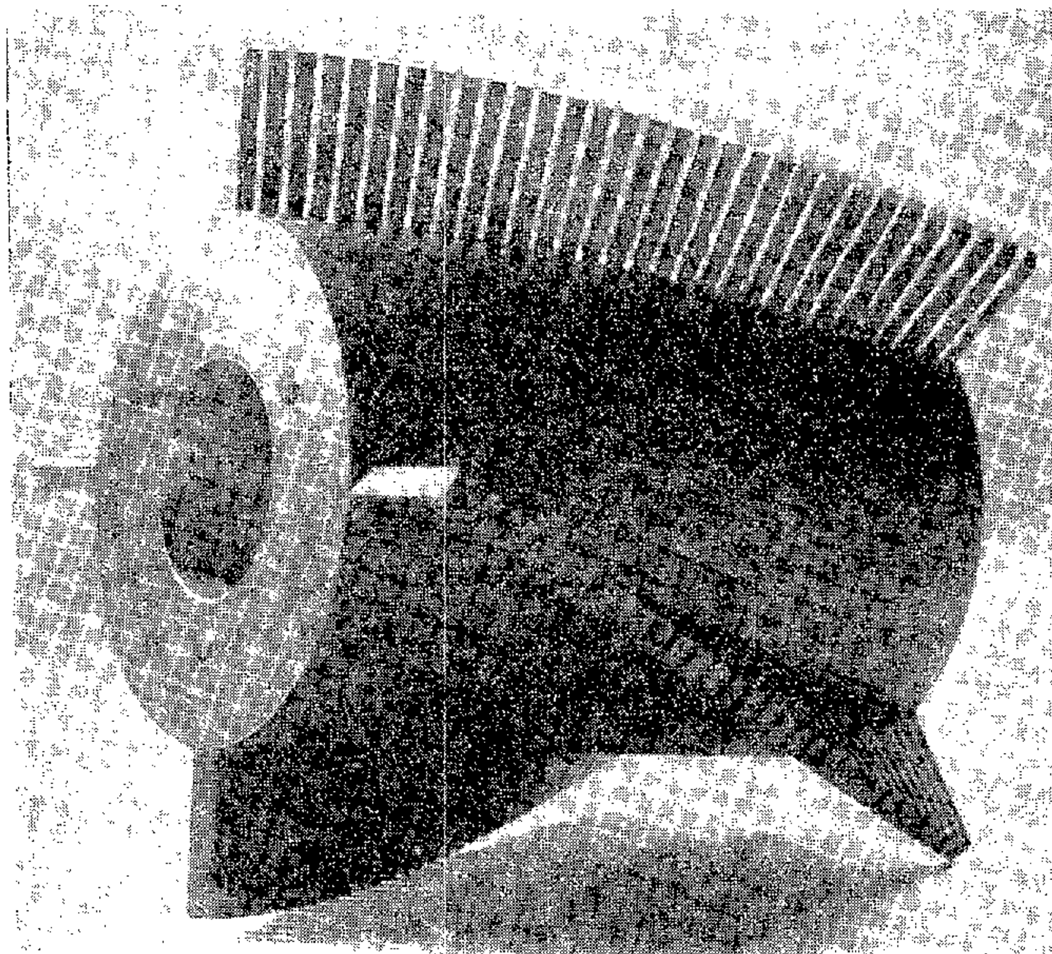


valeur, associée à notre précédent résultat revu, $N_{\text{conv. tot.}}/N_{\beta-}=(1,6\pm0,3).10^{-4}$, conduit à $N_{\text{conv. tot.}}/N_{e+}=3,0\pm1,1$, en bon accord avec la théorie de Thomas qui, avec le résultat de Church et al. (6) concernant la conversion interne dans les différentes couches, prévoit $N_{\text{conv. tot.}}/N_{e+}=3$.

Dans ce même article, Church et al. ont calculé la probabilité W pour une transition E O ($\Delta I=0$, non), en tenant compte de la dimension finie du noyau En désignant par ρ le paramètre « d'intensité nucléaire », leurs calculs donnent pour notre cas : $(W_{\text{conv. tot.}}/\rho^2)_{\text{théor.}}=2,5.10^9\,s^{-1}$.

Compte tenu de cette valeur, notre rapport $N_{\text{conv. tot.}}/N_{e+}$ permet de déduire : $(W_{\text{conv. tot. + paires}}/\rho^2)=3,3.10^9\,s^{-1}$, qui, avec le résultat de Deutsch (4) : $(W_{\text{conv. tot. + paires}})=0,12.10^9\,s^{-1}$, donne $\rho^2=0,036$.

D'autre part, Zirianova et al. (7) ont calculé la probabilité de matérialisation interne pour une transition $0^+ \to 0^+$ en tenant compte de la dimension finie du noyau. L'interpolation de leurs résultats, suivant la façon dont elle est faite,



donne $(W_{\text{paires}}/\rho^2)_{\text{théor.}} = (1,3 \sim 2,3).10^9\ s^{-1}$ qui, associé au résultat théorique de Church et al., donne $(W_{\text{conv. tot.}}/W_{\text{paires}})_{\text{théor.}} = 1,1$ à $1,9$. Cette valeur est du même ordre de grandeur quoique plus petite que celle, théorique, de Thomas ou la nôtre.

Comme conclusion, l'observation d'un spectre des e^+, dont l'intensité est en bon accord avec les données théoriques et avec les résultats expérimentaux obtenus au moyen d'autres méthodes, mais pas avec ceux de Johnson et al., confirme l'existence d'une transition $0^+ \to 0^+$ dans le ^{90}Zr.

(1) T. Yuasa, J. Laberrigue-Frolow et L. Feuvrais, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2129; *ibid.*, *J. Phys. Rad.*, 17, 1956, p. 558.

(2) O. E. Johnson, R. G. Johnson et L. M. Langer, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 1517.

(3) *Phys. Rev.*, 102, 1956, p. 415.

(4) M. Deutsch, Communication privée.

(5) R. Thomas, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 714.

(6) E. L. Church et J. Weneser, *Phys. Rev.*, 103, 1956, p. 1035.

(7) L. A. Zirianova et V. A. Kroutov, *Isv. Acad. Naouk*, 20, n° 3, 1956, p. 312.

(8) (Notons que la valeur indiquée par ces auteurs est une limite supérieure. Communication privée).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observation, à basse température, de l'absorption dipolaire Debye du carbure de silicium : Niveaux voisins de* 0,01 *à* 0,03 eV. Note (*) de Mme **Marie Freymann**, M. **Raoul Goffaux**, Mlle **Monique Hagène** et M. **Jean Le Bot**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'observation, à basse température, de l'absorption dipolaire Debye du carbure de silicium, vert ou gris, permet de mettre en évidence des niveaux d'énergie peu profonds (vert 0,03 eV environ; gris 0,01 eV environ), ainsi que des niveaux voisins de 0,15 eV.

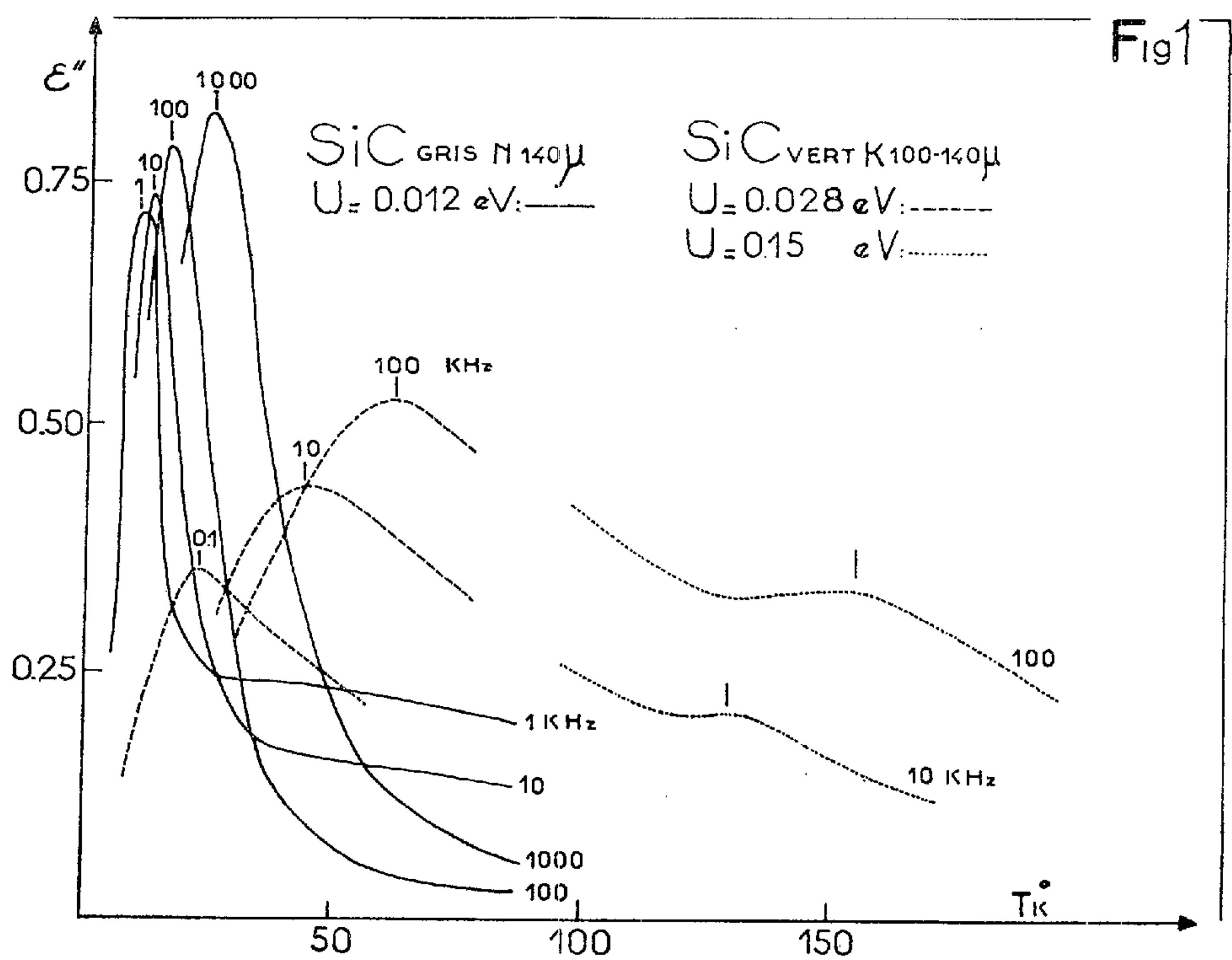
Les recherches sur le carbure de silicium ont utilisé notamment l'absorption infrarouge (1), la résonance électronique (2) et la conductivité électrique par porteurs libres (1), (2), (3). Comme il a été signalé précédemment (4) des renseignements peuvent être également déduits de l'absorption dipolaire Debye (relative aux porteurs liés) : nous avons mesuré de 0,1 à 1 000 kHz et *de* 293 *à* 4° K, l'absorption ε'' de deux types de carbures de silicium; les uns *verts*, relativement purs (Al 0,02; Ca 0,005; Ti 0,05), les autres, *gris bleus*, impurs (Al 0,3; Fe 0,1; Ca 0,03; Ti 0,02). Dans chacun de ces cas, des produits de trois provenances distinctes (K, L et N) ont été étudiés. Ces substances étaient examinées sous forme de poudre fine (ou noyées dans la paraffine).

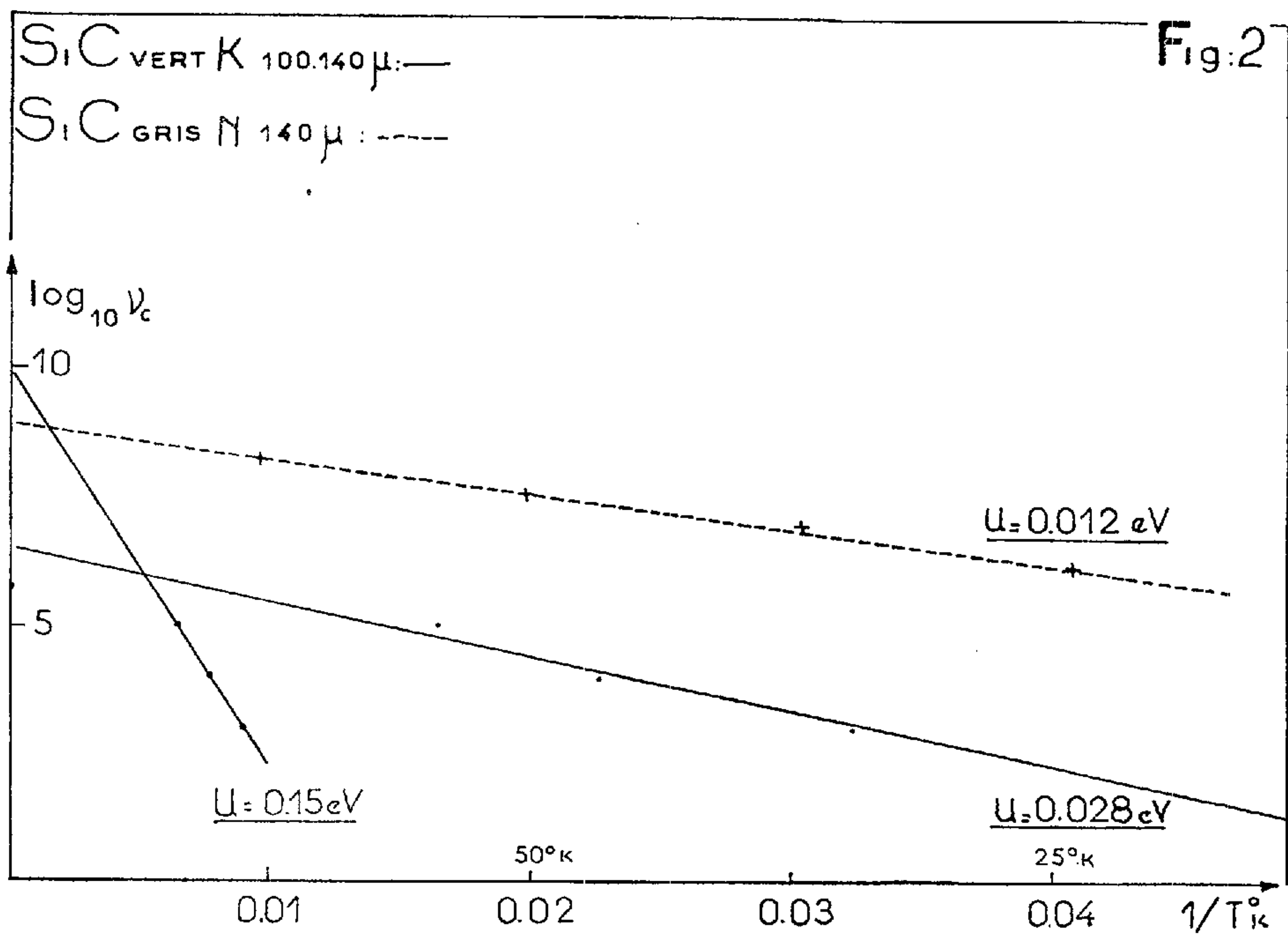
1. *Carbures de silicium verts.* — L'absorption à la température ordinaire (non représentée sur la figure 1) est élevée et décroît quand la température s'abaisse; il s'agit de la classique conductivité électronique par porteurs libres. *Mais, au-dessous de* 200° K, *l'absorption augmente à nouveau par suite de l'apparition du phénomène d'absorption dipolaire Debye.* Deux régions d'absorption distinctes ont été observées (*fig.* 1) : l'une, peu intense, à 155, 129 et 110° K pour $\nu = 100$, 10 et 1 kHz; l'autre, intense, à 59, 43 et 29° K pour $\nu = 100$, 10 et 1 kHz. On en déduit (*fig.* 2) *que les énergies d'activation correspondantes sont, aux températures de mesure, respectivement voisines de* 0,15 *et* 0,03 eV, comme l'indique le tableau suivant.

Carbures de silicium verts.

N° de référence.	Énergies d'activation U en eV.	
K 100-140 μ	0,028	0,15
K 160-200 μ	0,049	0,16
N 100-140 μ	0,028	–
Carbures de silicium gris.		
N 140 μ	0,012	–
N 180-200 μ	0,009	–
N non sélectionné	0,009	–
L »	0,016	–
K »	0,011	–

2. *Carbures de silicium gris.* — La partie gauche de la figure 1 montre que les bandes d'absorption dipolaire Debye, très intenses, sont situées à des





températures particulièrement basses (emploi de l'hélium liquide) : 25, 17, 13 et 11° K pour 1000, 100, 10 et 1 kHz. *L'énergie d'activation correspondante est voisine de* 0,01 eV, comme l'indiquent le tableau et la figure 2. Le niveau voisin de 0,15 eV existe sans doute ici aussi mais n'a pu être repéré, du fait de la conductibilité électronique.

Il serait indiqué d'appliquer ce nouveau procédé de détermination des niveaux d'énergie à l'étude de l'effet du dopage systématique (*n* ou *p*) du carbure de silicium pur.

(*) Séance du 5 décembre 1956.

(1) J. A. Lely et F. A. Kroger (et J. P. Mathieu), Communication Colloque Garmisch, septembre 1956.

(2) J. S. Van Wieringen, Communication Colloque Garmisch.

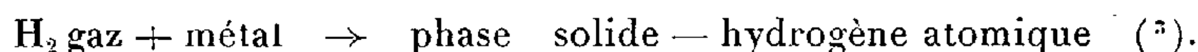
(3) G. Busch, *Helv. Phys. Acta*, 19, 1946, p. 167.

(4) R. Freymann, Communication Colloque Garmisch.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité électrique du système cérium-hydrogène.* Note de MM. **Joseph Daou** et **Rodolphe Viallard**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude radiocristallographique et l'étude neutrographique des systèmes constitués par l'association de l'hydrogène avec certains métaux de transition, en particulier des métaux du groupe des terres rares, montre que ces systèmes présentent comme le métal une organisation réticulaire (1).

Différentes hypothèses ont été avancées pour interpréter à la fois ce type de structure et la pénétration des atomes d'hydrogène de la surface vers l'intérieur du métal. L'attention a été attirée tantôt sur le caractère d'alliage présenté par la phase hydrogène-métal (2), tantôt sur le caractère chimique que confère à la liaison métal-hydrogène le processus dissociatif :



$$H_2\,\text{gaz} + \text{métal} \rightarrow \text{phase solide} - \text{hydrogène atomique} \quad (^3).$$

Dans tous les cas, on considère que la liaison est du type métallique, défini par Pauling comme liaison avec résonance de covalence. L'étude de la conductibilité électrique du système palladium-hydrogène est un argument favorable à une telle interprétation (4).

Dans le cas du cérium, aucune expérience directe ne permet jusqu'ici d'attribuer le caractère d'alliage métallique au système cérium-hydrogène. L'étude de la conductibilité électrique de ce système paraissant de nature à combler cette lacune, nous nous sommes efforcés de surmonter les difficultés qu'entraîne pour les mesures le changement de texture accompagnant les modifications réticulaires. A l'aide d'un premier montage, conçu

et réalisé par J. Daou et C. Ayphassorho, il a été possible de constater que l'hydruration du métal en limaille entraîne d'importantes variations de la conductibilité électrique des systèmes lanthane-hydrogène et cérium-hydrogène. Différentes améliorations ont été apportées depuis au dispositif de mesure initial par l'un d'entre nous, en vue de permettre une étude plus systématique des variations observées dans différentes conditions expérimentales. D'autre part, des essais préliminaires ont précisé l'importance des conditions de préparation des échantillons métalliques. Ces essais, qui portent essentiellement sur la variation thermique de la résistance du métal en limaille, ont conduit à effectuer l'hydruration sur des échantillons de cérium préalablement maintenus sous vide pendant plusieurs heures à des températures comprises entre 500 et 800° C [5].

L'absorption de l'hydrogène par le cérium s'observe dès la température ordinaire; elle se traduit par un accroissement de la résistance, qui reste mesurable quel que soit le taux d'hydrogène absorbé. La loi de variation de la résistance au cours du temps présente d'abord la même allure sigmoïde que la cinétique d'absorption. Par contre, la phase de ralentissement de la réaction est marquée par une décroissance de la résistance, qui peut redescendre à une valeur très inférieure au maximum atteint dans la première phase d'absorption, mais reste cependant supérieure à la résistance de l'échantillon métallique. Ce phénomène, qui a été observé même pour des taux d'hydruration relativement faibles (0,1 at.H/at.Ce) est d'autant plus marqué que l'absorption est plus rapide; il y a lieu de supposer qu'il deviendrait négligeable si l'absorption était suffisamment lente.

Résultats-type d'une expérience.

Durée de l'expérienec (h).	Quantités d'H fixées $\left(\frac{\text{at.H}}{\text{at.Ce}}\right)$	$\frac{R}{R_0}$.
0	0	1
1 h 30 mn	0,023	1
3	0,175	30
5	0,72	800
10	1	930
20	1,23	530
40	1,4	250

(R_0 résistance initiale de l'échantillon métallique.)

Il est possible que la décroissance de la résistance au cours de la phase de ralentissement résulte d'une modification de contact entre les microcristaux du métal hydruré. Il est cependant plus probable qu'elle puisse se relier à l'évolution de l'organisation réticulaire du système en cours d'hydruration. Il est à signaler, en effet, que la valeur de la résistance de

l'échantillon métallique peut être retrouvée après évacuation prolongée à plus de 500° C d'un échantillon préalablement hydruré, quel qu'en ait été le degré d'hydruration. Les variations de résistance observées se relieraient ainsi à la présence des atomes d'hydrogène en insertion dans le système, plutôt qu'au changement de texture qu'entraîne l'hydruration, quelque important qu'il soit.

(1) B. DREYFUS-ALAIN, *Ann. Phys.*, **10**, 1955, p. 305; C. E. HOLLEY Jr., R. N. R. MULFORD, F. H. ELLINGER, W. C. KOEHLER et W. H. ZACHARIASEN, *J. Phys. Chem.*, **59**, 1955, p. 1226; STALINSKI, *Bull. Acad. Pol. Sciences*, **3**, 1955, p. 613; C. AYPHASSORHO et R. VIALLARD, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 630.

(2) A. R. UBBELHODE, *Proc. Roy. Soc.*, A, **159**, 1937, p. 306.

(3) R. VIALLARD, *Ann. Chim.*, **20**, 1945, p. 4.

(4) F. KRUGER et G. GEHM, *Ann. Phys.*, (5), **16**, 1933, p. 180; A. MICHEL et M. GALLISSOT, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 435.

(5) Du cérium de bonne pureté (Ce : 99,8 % ; Fe : 0,03 % ; autres terres rares : traces) a été mis à notre disposition par la Société des terres rares.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du point de Curie sur l'oxydation de la magnétite* Fe_3O_4, *du fer, du nickel et de certains alliages de fer.* Note (*) de MM. **LAURENT SEIGNEURIN** et **HUBERT FORESTIER**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'oxydation du fer, du nickel, de la magnétite et de certains alliages du fer au voisinage du point de Curie permet de retrouver les anomalies de réactivité chimique mises en évidence aux cours d'études antérieures

On sait que les corps ferromagnétiques présentent une anomalie de réactivité chimique au point de Curie (1).

Des travaux récents (2) sur la cémentation et la nitruration montraient que les alliages constitués par des solutions solides d'un métal ferromagnétique présentaient non seulement une anomalie au point de Curie réel de l'alliage, mais également une anomalie à la température de Curie du métal magnétogène pur.

L'ensemble de ces résultats nous a conduit à étudier les phénomènes d'oxydation, dans le cas du fer, du nickel, de la magnétite Fe_3O_4 et de certains alliages de fer dont le point de Curie différait de celui du fer pur.

Nous avons donc étudié successivement :

1° La vitesse d'oxydation à l'air sec, déterminée par l'augmentation de poids, à différentes températures, mesurée par pesée continue à la thermobalance Eyraud, dans le cas des corps suivants :

— magnétite Fe_3O_4 soigneusement purifiée et calibrée;

— limaille de fer A.R.M.C.O. calibrée;

— nickel réduit à 300°.

2° Les variations de poids déterminées par pesée avant et après oxydation, sous oxygène pur et sec des alliages suivants :

Fe—Al (10 % Al) dont le point de Curie est à 600° C;

Fe—Mn (12 % Mn) et (14 % Mn) non ferromagnétiques.

La courbe 1 représente l'oxydation de la magnétite (durée de recuit 5 mn). Elle montre une anomalie au point de Curie se traduisant par une augmentation de la réactivité de la magnétite, ces résultats confirment ceux ([3]) obtenus antérieurement en mesurant la diminution du coefficient d'aimantation du produit oxydé.

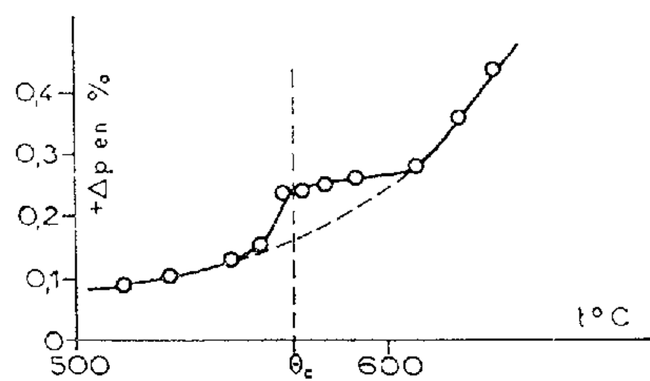


Fig. 1

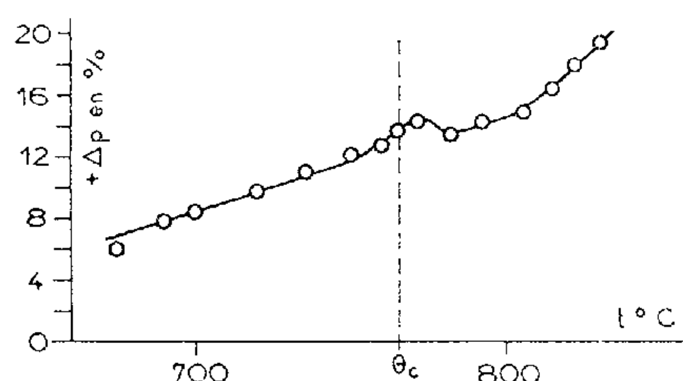


Fig. 2

La courbe 2 (durée 5 mn) représente l'oxydation du fer; elle traduit aussi l'augmentation de la réactivité chimique au voisinage du point de Curie.

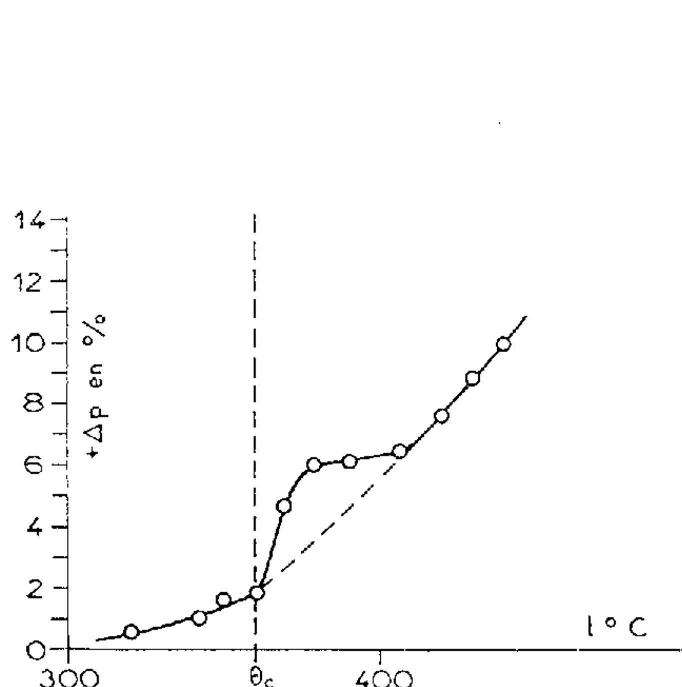


Fig. 3

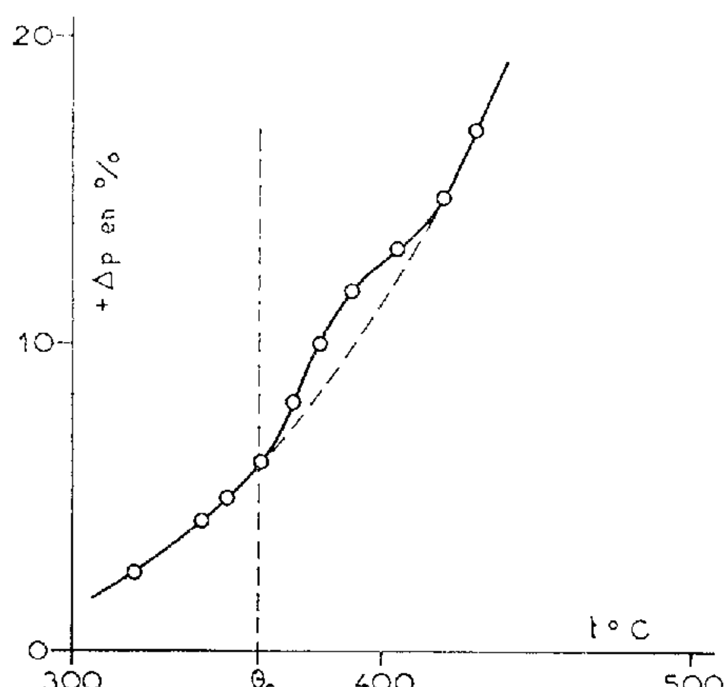


Fig. 4

Les courbes 3 et 4 (durée 1 mn 15 et 20 mn) montrent l'influence du point de Curie sur l'oxydation du nickel. La tendance à l'effacement du maximum, courbe 4, permet de penser que le phénomène de diffusion n'est pas influencé par le point de Curie, ce qui confirme les résultats obtenus antérieurement par MM. Forestier et Nury dans le cas de la formation des ferrites ([4]).

L'oxydation de l'alliage Fe—Al (durée 3 h) se traduit par la courbe 5 présentant deux discontinuités, l'une au point de Curie de l'alliage et l'autre au point de Curie du métal magnétogène.

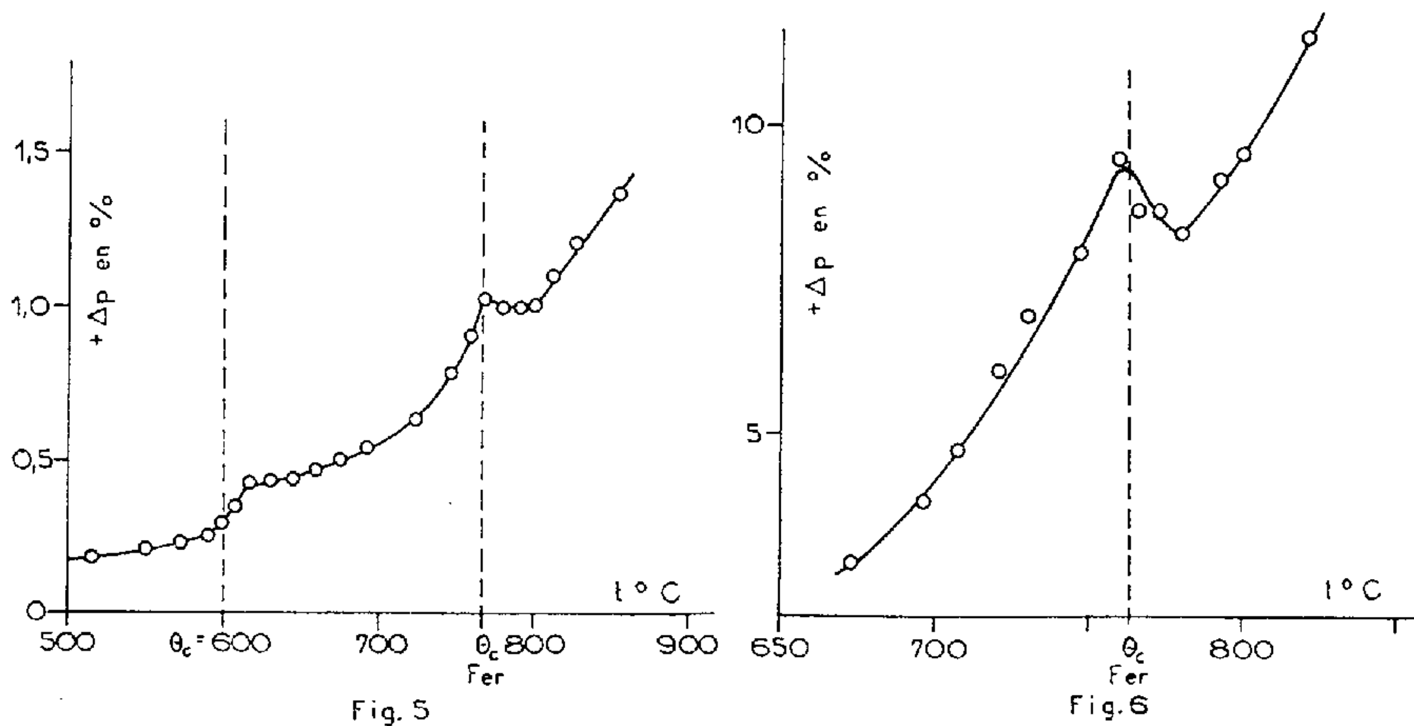


Fig. 5 Fig. 6

Enfin, l'oxydation de l'alliage austénitique Fe—Mn, à 12 % de Mn, courbe 6 (durée 1 h), permet de retrouver l'anomalie due au point de Curie du métal magnétogène. Nous avons obtenu un résultat identique pour l'alliage à 14 % de Mn. Ce dernier résultat est d'autant plus caractéristique que ces alliages ne sont pas ferromagnétiques.

En conclusion, les réactions d'oxydation confirment les résultats obtenus en utilisant d'autres types de réactions chimiques; nous retrouvons également ce phénomène nouveau et encore inexpliqué, de la mise en évidence d'une anomalie de réactivité chimique d'une solution solide à la température de Curie du métal magnétogène.

(*) Séance du 12 novembre 1956.

(1) H. FORESTIER et R. LILLE, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1254; H. FORESTIER et R. LILLE, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 848; H. FORESTIER et G. NURY, *Colloque International de l'État solide*, Paris, Octobre 1948; H. FORESTIER et G. NURY, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1487.

(2) H. FORESTIER et G. NURY, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1297.

(3) R. LILLE, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1891.

(4) G. NURY, *Thèse*, 1954, p. 5.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par diffusion de la lumière de l'action du chlorure de sodium sur l'oxyhémoglobine*. Note de Mlle **NICOLE BENHAMOU** et M. **GILBERT WEILL**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Des mesures de masse moléculaire de l'oxyhémoglobine par diffusion de la lumière ont montré qu'en solution le chlorure de sodium provoque une dissociation de la molécule protéique.

La molécule d'hémoglobine ou de ses dérivés semble sous l'action de quelques agents ([1]), ([2]), ([3]) et en particulier du chlorure de sodium ([4]), ([5]), ([6]), se scinder en deux moitiés.

Nous avons comparé entre elles les masses moléculaires de l'oxyhémoglobine humaine quand celle-ci est dissoute dans des solutions tamponnées à pH 7, en présence ou non de chlorure de sodium. Les mesures sont faites au moyen de la diffusion de la lumière, ce qui pose des problèmes particuliers puisque l'oxyhémoglobine absorbe la lumière dans le domaine du visible.

Nous avons effectué les mesures avec un système correspondant à une longueur d'onde de 6500 Å où l'oxyhémoglobine est peu absorbante. L'intensité diffusée par une solution doit néanmoins être affectée d'une correction due à l'absorption, identique à celle de T. Caspersson ([7]), généralisée depuis par J. Tonnelat et H. Batsch ([8]). Signalons que les mesures de diffusion et d'absorption sont faites dans les mêmes conditions (même source, même récepteur).

La molécule d'oxyhémoglobine est suffisamment petite pour qu'on ne puisse observer de dissymétrie de la distribution de la lumière diffusée. Il suffit donc de limiter les mesures à celle de l'intensité diffusée à un angle de 90°. Le rapport Rayleigh du benzène servant d'étalon a été déterminé par deux méthodes :

— Extrapolation des résultats de dispersion obtenus par H. J. Cantow ([9]);

— Comparaison de deux mesures de diffusion de la lumière faites sur une même solution de sérumalbumine à 5 460 Å et avec notre dispositif.

L'incrément d'indice *dn/dc* a été trouvé égal à $0{,}198 \pm 0.005$. L'erreur globale sur la masse moléculaire est de $\pm 10\%$.

Les solutions d'oxyhémoglobine humaine à des concentrations de 0,4 à 0,5 % dans des tampons phosphates M/45 pH 7 sont laissées en contact à 2° C avec des concentrations plus ou moins fortes de NaCl (0,5 — 1 —2M).

Nous avons étudié l'influence du temps et de la concentration en NaCl. Les résultats groupés dans le tableau nous ont conduits aux conclusions suivantes.

La masse moléculaire de l'oxyhémoglobine humaine trouvée par diffusion de la lumière dans la solution dépourvue de NaCl est proche de la valeur 68 000 généralement admise. Le chlorure de sodium provoque une scission de cette molécule. L'hypothèse suivant laquelle se formeraient des fragments de masse moitié de la masse totale est compatible avec nos résultats. La masse moléculaire moyenne obtenue par diffusion de la lumière étant une moyenne en poids, on calcule, dans cette hypothèse, le rapport de dissociation en nombre x, par l'équation :

$$M^2 = (1 - x)\,M_0^2 + x\left(\frac{M_0}{2}\right)^2.$$

Solution.	pH.	Temps de contact (h).	Masse.	$\frac{M}{M_0}$ (*).
Préparation 1 :				
Tampon phosphate M/45................	7	0	$M_0 = 69\,000 \pm 6\,900$	1
» » M/45 + 0,5 M NaCl...	7	1	$M = 45\,000 \pm 4\,500$	0,65
» » M/45 + 1 M NaCl...	7	18	$M = 45\,000 \pm 4\,500$	0,65
» » M/45 + 2 M NaCl...	7	1	$M = 44\,000 \pm 4\,400$	0,64
Préparation 2 :				
Tampon phosphate M/45................	7	0	$M_0 = 64\,000 \pm 6\,400$	1
» » M/45 + 1 M NaCl...	7	1	$M = 40\,500 \pm 4\,000$	0,63
» » M/45 + 1 M NaCl...	7	24	$M = 39\,000 \pm 3\,900$	0,61
» » M/45 + 1 M NaCl...	7	48	$M = 42\,000 \pm 4\,200$	0,66
» » M/45 + 1 M NaCl...	7	72	$M = 43\,000 \pm 4\,300$	0,67
Tampon phosphate M/45 + 1 M NaCl pendant 48 h, puis dyalisée............	7	72	$M = 62\,000 \pm 6\,200$	0,97
Tampon phosphate M/45 + 4 M Urée...	7,1	1-24	$M = 54\,000 \pm 5\,400$	0,85

(*) M est la masse moléculaire de l'oxyhémoglobine dissociée; M_0 est la masse moléculaire de l'oxyhémoglobine « native ».

Avec $M/M_0 = 0{,}65$ on a $x = 0{,}8$ soit 80 % de molécules scindées en deux moitiés. La dissociation provoquée par le chlorure de sodium n'est jamais totale en solution, même si l'on augmente le temps de contact ou la concentration saline. Ceci peut s'expliquer soit par un équilibre entre molécules scindées et molécules entières, soit par la présence de deux sortes de molécules dont la stabilité vis-à-vis du NaCl ne serait pas identique.

Une expérience sur une solution d'oxyhémoglobine dissociée par 48 h de contact avec NaCl 1 M, puis dialysée 72 h contre de l'eau distillée pour éliminer le sel, montre que les fragments se recombinent en l'absence de NaCl. La masse moléculaire trouvée est, aux erreurs d'expérience près, celle de la molécule entière. Cependant les molécules ainsi formées ne seraient plus identiques aux molécules initiales, car le deuxième coefficient du viriel de la solution, déterminé par diffusion de la lumière, change de signe, indice du passage d'une attraction à une répulsion intermoléculaire. Il n'y a cependant aucun changement significatif du spectre entre 5 000 et 6 500 Å.

L'urée 4 M ne semble pas avoir une action comparable à celle du chlorure de sodium : la masse moléculaire trouvée en solution uréique est un peu plus faible que celle de la molécule native; elle a une valeur comparable à celle d'un témoin abandonné 48 h à 2° C; le deuxième coefficient du viriel change par contre de signe, comme dans le cas précédent, indice possible d'un changement de forme, ce qui appuierait les récentes observations de Gutter et al. sur la carboxyhémoglobine humaine en présence d'urée [10].

([1]) E. O. FIELD et J. R. P. O'BRIEN, *Biochem. J.*, **60**, 1955, p. 656.
([2]) J. STEINHARDT, *J. Biol. Chem.*, **123**, 1938, p. 543.
([3]) A. TISELIUS et D. GROSS, *Kolloid Z.*, **66**, 1934, p. 11.
([4]) K. O. PEDERSEN et K. ANDERSSON, cités par SVEDBERG et PEDERSEN dans *The Ultracentrifuge*, Oxford Press., 1940.
([5]) H. GUTFREUND, *Haemoglobin*, London, Butterworths., 1949, p. 197.
([6]) N. BENHAMOU, *J. Chim. Phys.*, **53**, 1956, p. 44.
([7]) *Kolloid Z.*, **65**, 1933, p. 162.
([8]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 960.
([9]) *Makromolekulare Chemie*, **18-19**, 1956, p. 367.
([10]) F. J. GUTTER, H. A. SOBER et E. A. PETERSON, *Arch. Biochem. Biophys.*, **62**, 1956, p. 427.

PHYSICOCHIMIE DES SOLUTIONS. — *Sur une relation simple entre le volume moléculaire et la solubilité dans l'eau des hydrocarbures et dérivés halogénés.* Note de M. A. **BERNARD LINDENBERG**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Méthode de calcul *a priori* des solubilités des hydrocarbures tant aliphatiques qu'aromatiques, fondée sur une relation empirique entre le volume molaire et le logarithme de la solubilité, exprimée en fraction de volume de la solution aqueuse.

Bohon et Claussen ([1]) ont montré que, dans la série des alkylbenzènes, le coefficient de solubilité dans l'eau (molarité m en équilibre avec une pression de vapeur partielle de 1 mm au-dessus de la solution) diminue quelque peu avec l'accroissement aliphatique de la molécule, mais que ce coefficient augmente, au contraire, d'une manière assez considérable pour le biphényle et le naphtalène, par rapport au benzène.

Ils écrivent : « Apparemment, des différences importantes dans le volume moléculaire peuvent avoir un effet notable sur la solubilité : plus la molécule est grande, moins elle devient soluble dans l'eau. Ceci tendrait à indiquer que le volume réel qu'occupe l'hydrocarbure dans la solution aqueuse joue un rôle important sur la solubilité. A noter cependant que le biphényle et le naphtalène sont respectivement 7 et 10 fois plus solubles que le benzène, en dépit des dimensions plus considérables des molécules polycycliques. Cela indique peut-être que quelque propriété du noyau benzénique est essentielle pour le mécanisme de la solubilité. »

Mais si, au lieu des coefficients de solubilité, l'on considère les concentrations de saturation (solubilités au sens courant du mot, exprimées en fractions de volume ρ de la solution), en équilibre avec les pressions de vapeur saturantes des solutés liquides à l'état pur, l'on vérifie la relation suivante : $\mathrm{Log}\,(1/\rho)/V = K$, V étant le volume molaire du soluté, quotient de sa masse moléculaire par sa densité à l'état de liquide pur.

	$m.10^4$.	Log (1/ø).	V (25°).	K.
Benzène	2,41	2,688	89,40	0,03005
Toluène	2,39	3,139	106,845	0,02935
Éthylbenzène	2,06	3,618	123,06	0,0294
o-Xylène	2,91	3,633	123,19	0,0295
m-Xylène	2,22	3,641	123,45	0,0295
p-Xylène	2,12	3,636	123,92	0,02935
Styrène	4,0	3,554	115,56	0,03075
Biphényle	16,0	4,719	155,5	0,03035
Naphtalène	25,0	3,554	133,2	0,03075
			V (30°).	
Fluorobenzène	–	3,821	94,85	0,02975
Chlorobenzène	–	3,353	102,74	0,0326
Bromobenzène	–	3,378	105,98	0,0319
Iodobenzène	–	3,729	112,38	0,0332
1-Bromopropane	–	2,7645	92,15	0,0300
1-Bromobutane	–	3,319	108,65	0,03055
			V (20°).	
1-Trichloroéthane	–	3,018	98,89	0,03045
Pentachloroéthane	–	3,554	120,39	0,0295
1-Chloropropène	–	2,6165	81,815	0,0296
			V (15,5-16°).	
Pentane	–	3,222	114,5	0,02815
Hexane	–	3,6575	129,9	0,02815
Heptane	–	3,155	145,66	0,0285
Octane	–	4,699	161,93	0,0290
Dichlorométhane	–	1,8305	64,95 (30°)	0,0282
Chloroforme	–	2,2645	80,67 (25°)	0,0281
Dichloroéthane sym	–	2,2205	78,99 (20°)	0,0281
1.1-Dichloroéthane	–	2,3695	84,155 (20°)	0,02815
1-Chloropropane	–	2,518	88,01 (20°)	0,0286
1.3-Dichloropropane	–	2,636	95,755 (25°)	0,0275
1.2.2-Trichloroéthane	–	2,521	92,60 (20°)	0,02725
1-Chlorobutane	–	2,907	104,43 (20°)	0,02785
Chlorure d'éthyle	–	2,3175	69,835 (0°)	0,0332
Tétrachlorure de carbone	–	2,2415	97,69 (30°)	0,0332
Dibromométhane	–	2,320	70,35 (30°)	0,0330
Bromoforme	–	2,9555	88,24 (30°)	0,0335
Iodure d'éthyle	–	2,678	81,525 (30°)	0,03285
Iodure de propyle	–	3,223	98,37 (30°)	0,0328
Diiodométhane	–	3,4265	81,30 (30°)	0,04215
Sulfure de carbone	–	2,6325	60,28 (20°)	0,04365

Précisons d'abord : que les fractions de volume ø ont été calculées à partir des solubilités pondérales, en négligeant la diminution, ou l'augmentation de volume qui peut survenir à la faveur du mélange; que dans le cas du naphtalène et du biphényle, solides à 25°, les solubilités expéri-

mentales sont d'abord exprimées en fractions molaires, lesquelles sont rapportées aux fractions molaires *idéales* [qu'on calcule à l'aide de la formule thermodynamique utilisée par Hildebrand ([2])] de ces solides à 25°, respectivement égales à 0,322 et 0,394, pour obtenir enfin les solubilités correspondant à l'état liquide.

Examinons à présent les données consignées dans le tableau. On voit d'abord que le coefficient K est, en première approximation, constant pour les sept hydrocarbures aromatiques étudiés par Bohon et Claussen, comme il l'est aussi pour l'*o*-xylène ([3]) et le styrène ([4]). Ce résultat est remarquable surtout en ce qu'il tend à éliminer l'énergie de vaporisation des solutés en tant que facteur différenciant leur hydrosolubilité (l'énergie de vaporisation par centimètre cube est de 84 cal pour le benzène et de 121 cal pour le biphényle, par exemple).

Une valeur de K voisine de 0,03 est encore obtenue avec le fluorobenzène, et certains dérivés halogénés de l'éthane, du propane, du butane. Pour tous ces composés, on peut admettre que leur volume molaire à l'état liquide pur présente une proportionnalité fixe avec leur volume en solution aqueuse. Et si les chloro-, bromo- et iodobenzènes montrent une valeur de K supérieure à 0,03, ce serait parce que leur volume en solution est proportionnellement plus élevé, c'est-à-dire que, relativement au benzène, ces dérivés halogénés subiraient une augmentation de volume dans l'eau.

En poursuivant l'analyse, nous remarquons qu'à l'intérieur même de la série des alkylbenzènes une meilleure concordance est obtenue par la relation

$$\mathrm{Log}(1/\varphi) = 0{,}03\,\mathrm{V}b + 0{,}028\,(\mathrm{V} - \mathrm{V}b),$$

V*b* étant le volume molaire du benzène. Ce fait, nous l'expliquons en admettant que, par rapport au benzène, les chaînes aliphatiques se contractent davantage dans l'eau.

En effet, les données d'hydrosolubilité de Fuhner ([5]), relatives aux hydrocarbures aliphatiques, permettent de dégager des valeurs de K comprises entre 0,028 et 0,029. De même, un grand nombre des dérivés halogénés de la série grasse font preuve d'une hydrosolubilité conforme à une valeur de K de 0,0275-0,0285. Dans notre conception, tous ces composés, à l'instar du chloroforme, subiraient une contraction dans l'eau.

Inversement, le sulfure de carbone, qui se dissout dans l'eau avec une forte augmentation de volume, présente une valeur de K exceptionnellement élevée de 0,044 à 20°.

En définitive, il nous apparaît légitime d'émettre dès à présent l'hypothèse suivant laquelle *ce serait le volume partiel apparent des molécules solutées dans l'eau qui constituerait le facteur qui différencie leur hydrosolubilité* (exprimée en fraction de volume du mélange liquide), aussi

longtemps du moins qu'il s'agit de substances non associées, ne contractant pas des liaisons du type hydrogène avec le solvant aqueux.

Outre leur intérêt théorique, les relations dégagées permettent de calculer aisément les solubilités dans l'eau des hydrocarbures tant aliphatiques qu'aromatiques, avec une exactitude suffisante pour les besoins d'interprétation en toxicologie expérimentale.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1571.
(2) *The Solubility of No-electrolytes*, 1949, Reinhold Publ. Corp., New-York.
(3) L. J. Andrews et R. M. Keefer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3644.
(4) F. A. Patty, *Industrial Hygiene and Toxicology*, 1949, Interscience, New-York.
(5) *Ber.*, 57 B, 1924, p. 510.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude de l'oxydation à chaud du zirconium Kroll dans l'air.* Note de MM. **Jean Hérenguel**, **Donald Whitwham** et **Jacques Boghen**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'étude de l'oxydation à chaud par l'air du zirconium obtenu par le procédé Kroll a déjà été abordée par C. H. Phalnikar et W. M. Baldwin (1) qui ont signalé un agrandissement des échantillons dans certaines conditions de chauffage, sans donner une explication satisfaisante des causes de ce phénomène. Nous avons repris cette étude avec des échantillons de composition analogue, laminés à diverses épaisseurs, en les exposant à l'air à des températures comprises entre 400 et 900° C, avec des durées de chauffage de 30 mn à 24 h.

Au-dessous de 500° C, le film d'oxyde est compact et adhérent, et il reste mince; sa vitesse de croissance diminue progressivement avec le temps ce qui est l'indice d'une certaine protection. Aucun agrandissement ne se produit, quelle que soit l'épaisseur de l'échantillon.

Vers 900° C, le film d'oxyde, qui contient des nitrures, est plus épais et de structure plus complexe. A la surface, il est pulvérulent et blanchâtre dans tous les cas, mais les couches sous-jacentes ont des structures très différentes suivant l'épaisseur de l'échantillon.

— Lorsque celle-ci est inférieure à 6 mm environ on observe un agrandissement des grandes faces, et le film d'oxyde est fissuré perpendiculairement à ces dernières. Dans ce cas, en outre, une zone sous-jacente du métal est contaminée par une diffusion de l'oxygène et de l'azote : son épaisseur peut être appréciée par microdureté et par des anomalies structurales, dues à la stabilisation de la phase α (*fig.* 1). Enfin, cette zone fragile porte elle-même des fissures transcristallines produites par l'agrandissement (*fig.* 2).

— Quand l'épaisseur du métal est supérieure à 6 mm, il n'y a plus

d'agrandissement, mais l'interface métal-oxyde est ondulé. La couche intermédiaire d'oxyde montre alors des fissures parallèles à la surface, en relation avec les ondulations. La zone de métal contaminé, si elle

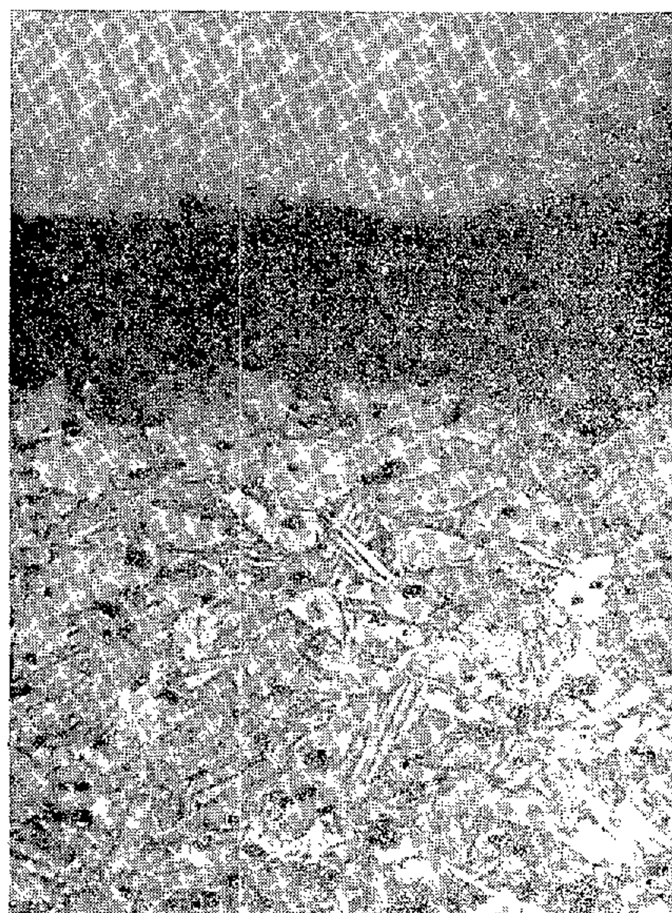


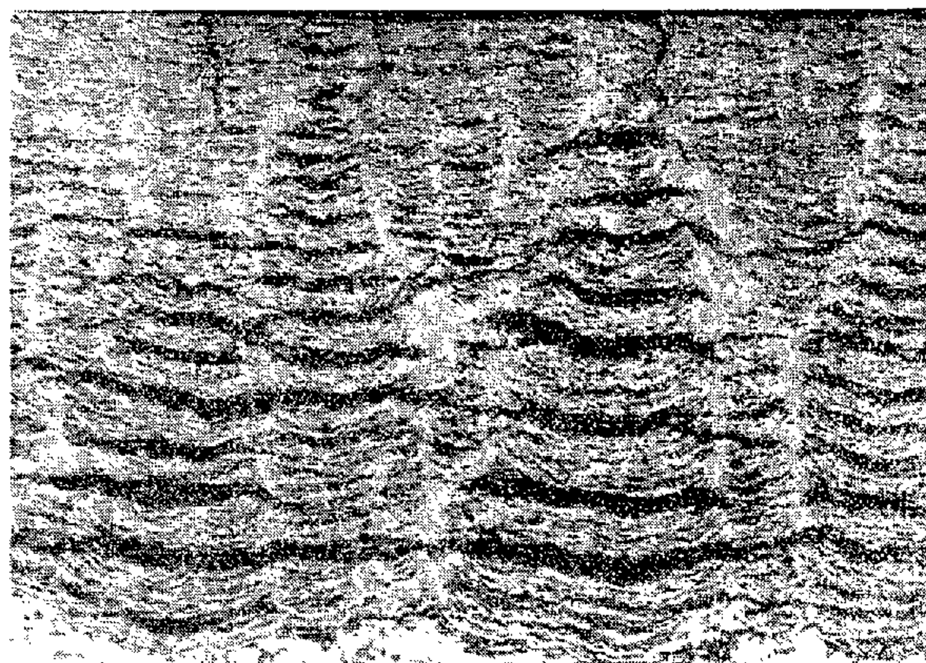
Fig. 1. — Échantillon de zirconium traité 4 h à 900° C. Les grains de Zr contigus à la couche d'oxyde (stabilisés par la dissolution de l'oxygène et de l'azote), montrent une texture α tandis que l'intérieur du métal montre la texture typique de la phase β repassée ensuite en phase α. (Vue en lumière polarisée après polissage chimique.) G = 400.



Fig. 2. — Échantillon de zirconium traité 2 h à 900° C. Fissures transcristallines dans la zone contaminée du métal, provoquées par l'agrandissement de l'échantillon. G = 400.

existe encore, est très mince. Pour chaque température comprise entre 900 et 500° C, il existe une épaisseur limite au-dessus de laquelle l'agrandissement cesse, laissant place à l'ondulation de l'interface métal-oxyde.

La figure 3 montre ce dernier phénomène pour un échantillon de 4,85 mm d'épaisseur porté 26 h à 750° C. En dessous de l'épaisseur limite, le phénomène d'agrandissement est, pour une température donnée, d'autant plus important que l'épaisseur est faible et le temps prolongé. Par exemple, à 900° C, on observe en 3 h 30 un agrandissement de surface de 1,5 pour l'épaisseur de 4,85 mm et de 2,2 pour 2,85 mm.



Surface de l'oxyde

Familles de fissures séparées des veines d'oxyde compact.

Interface métal-oxyde.

Fig. 3. — Échantillon de zirconium traité 26 h à 750° C. Formation d'ondulations à l'interface métal-oxyde et de familles de fissures parallèles dans l'oxyde : celles-ci sont associées aux ondulations. G = 50.

Nous pensons que tous ces effets résultent de l'action simultanée des deux facteurs suivants :

— La résistance à l'écoulement du zirconium s'abaisse considérablement, comme on le sait, au-dessus de 400-500° C, malgré le point de fusion élevé du métal (1845° C);

— La transformation du zirconium en oxyde s'accompagne d'une augmentation de volume (environ 50 %).

Les contraintes superficielles résultant de l'oxydation entraînent le fluage du métal lorsque la température est supérieure à 500° C. Celui-ci reste limité à la surface si la résistance de l'âme à la déformation est trop importante (épaisseur forte ou température assez basse) provoquant alors les ondulations à l'interface métal-oxyde. Dans le cas inverse les contraintes de surface entraînent la déformation d'ensemble de l'échantillon. Il y a de ce fait une équivalence apparente vis-à-vis du phénomène d'agrandissement entre l'épaisseur du métal et la température. Un cas particulier est celui des angles des échantillons qui sont toujours étirés au-dessus de 500° C.

Dans le cas de l'ondulation de la surface, les fluages locaux repoussent le métal vers le pourtour des cuvettes : au-dessus de celles-ci l'oxyde se fissure par tranches parallèles, alors qu'il est compact et en compression au droit des pourtours, comme le montre bien la figure 3.

Pour conclure nous pouvons dire que, d'une façon tout à fait générale, l'autoprotection conférée par un film formé avec augmentation de volume à la surface d'un métal cesse quand on entre dans le domaine de température de déformation visqueuse de l'âme. Toute addition pour augmenter le domaine d'autoprotection doit donc en premier lieu augmenter la résistance au fluage, ce qui ne paraît pas avoir été bien dégagé jusqu'ici. Une autre voie consisterait à rendre visqueux le film protecteur, grâce aux additions faites au métal, ce qui supprimerait toute contrainte. Il existe donc une véritable convergence entre l'autoprotection et la tenue au fluage, même en l'absence de toute contrainte externe.

(1) *Proc. A. S. T. M.*, 51, 1951, p. 1038.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude par diffraction électronique de la formation des alliages aluminium-antimoine en couches minces.* Note de M. **Pierre Michel**, transmise par M. Charles Mauguin.

On a étudié au moyen de la diffraction des électrons la structure des couches minces d'alliages Al-Sb obtenues par vaporisation simultanée ou successive des métaux purs. Dans le premier cas, une phase amorphe a pu être mise en évidence donnant par recuit une phase instable type diamant correspondant à un état désordonné du composé Al-Sb cristallisant avec la structure de la blende.

J'ai utilisé la méthode décrite antérieurement permettant de préparer des alliages en couches minces par évaporation dans le vide de métaux purs (1).

1. Vaporisation simultanée des deux constituants. — Pour tous les systèmes que j'ai étudiés jusqu'à présent, la vaporisation simultanée des constituants a toujours donné des couches minces d'alliages. Dans le cas du système aluminium-antimoine les couches minces obtenues sont amorphes; elles donnent par *diffraction électronique* des halos qui peuvent être au nombre de quatre. On constate cependant, que des raies de l'aluminium apparaissent sur les diagrammes des alliages dont la teneur en antimoine est inférieure à 50 % atomiques.

Le tableau suivant donne pour les alliages de différentes compositions les valeurs de $\lambda/(2\sin\theta)$ relative aux deux premiers halos amorphes. Leur variation montre bien qu'il y a formation d'alliages dont le diagramme diffère de celui de l'antimoine amorphe (2).

	Sb % at.	100.	80.	70.	60.	50.	40.	30.	20.
$\frac{\lambda}{2\sin\theta}$	1er halo	3,02	3,1	3,1	3,1	3,25	3,53	3,53	3,53
	2e halo	1,95	1,93	1,93	1,93	1,9 (*)	1,9	1,9	1,9

(*) Apparition du spectre de l'aluminium.

Le comportement de ces alliages est lui aussi différent; tandis qu'il est néces-

saire de les chauffer vers 200° pour les faire cristalliser, l'antimoine amorphe cristallise assez facilement à la température ordinaire ([3]).

Le caractère amorphe des alliages diminue avec la teneur en antimoine : les halos adonnés par les préparations de plus en plus riches en aluminium deviennent de moins en moins flous et peuvent finalement être interprétés comme des raies données par une structure cubique du type diamant avec un paramètre $a = 6,10$ Å très voisin de celui du composé Al-Sb massif ($a = 6,11$ Å) qui cependant présente une structure du type blende.

2. Vaporisation successive des deux métaux. — On a constaté que la vaporisation successive de l'aluminium et de l'antimoine donne des couches qui présentent toujours les diagrammes superposés des deux constituants purs. Le coefficient de diffusion D est par conséquent trop faible pour donner à la température ambiante des alliages par diffusion. Sa valeur doit être par conséquent inférieure à $D = 2.10^{-23}$ ([1]).

3. Action d'un chauffage ultérieur sur les couches précédentes. — *a. Couches obtenues par vaporisation simultanée.* — Les couches amorphes dont la composition est voisine de 20 % atomiques d'aluminium cristallisent facilement après un recuit à 200°. Cette température de recristallisation s'élève avec la teneur en aluminium et atteint 400° pour des compositions de l'ordre de 50 %.

Les alliages riches en antimoine, présentent après recuit convenable, simultanément les diagrammes de l'antimoine rhomboédrique de maille $a = 4,5$ Å et $\alpha = 57°6'$ et celui de la phase AlSb cubique type blende $a = 6,10$ Å.

Les couches dont la composition correspond à la formule stœchiométrique AlSb (50 % Al, 50 % Sb) qui sont amorphes lors de leur préparation présentent après un chauffage d'une heure à 320° une structure cubique type diamant, avec un paramètre $a = 6,10$ Å. Cette structure se transforme ensuite après un recuit d'une demi-heure à 450° en une autre du type blende mais de même paramètre $a = 6,10$ Å.

L'apparition d'une phase diamant suivie de sa transformation en une autre du type blende s'explique en supposant que la première ne diffère de la seconde que par une distribution désordonnée des atomes. L'arrangement plus stable n'étant réalisé qu'après recuit à plus haute température.

b. Couches obtenues par vaporisation successive. — Un recuit à 400° fait apparaître à côté des raies des constituants purs celles de la phase AlSb.

L'antimoine vaporisé sur support de collodion présente une texture fibreuse assez prononcée, l'axe ternaire étant axe de fibre est normal au support.

Cette orientation se retrouve dans les alliages lorsque l'antimoine est le premier métal évaporé.

Cette observation permet de supposer que ce sont les atomes d'aluminium qui diffusent plus spécialement dans la couche d'antimoine puisque c'est cette dernière qui impose sa texture à l'alliage résultant.

Lorsque c'est l'aluminium qui a été déposé en premier, l'alliage ne présente pas d'orientation privilégiée.

En appliquant la formule donnée par W. Seith ([4]), on peut estimer que le coefficient de diffusion de l'aluminium dans l'antimoine est $D = 4.10^{-15}$ à 400°.

([1]) P. Michel, *Thèse Ing.-Docteur*, Strasbourg, 1953; *Ann. Phys.*, 13, n° 1, 1956, p. 719.
([2]) H. Richter, *Phys. Z.*, 1943, p. 406.
([3]) W. Lotma, *Helv. Phys. Acta*, 18, n° 5, 1945, p. 369-388.
([4]) *Diffusion in Metallen*, 1939, Springer, Berlin, p. 8.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Évolution au chauffage de la martensite d'origine thermique des aciers à 18 % de chrome, 2, 4 ou 6 % de nickel et 0,05 % de carbone.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Alain Sulmont**, présentée par M. Albert Portevin.

Ces aciers au chrome-nickel permettent aisément de suivre l'évolution au chauffage de la martensite et de distinguer deux étapes, l'une consistant en une décomposition de la martensite en deux phases α et γ et l'autre en une mise en solution de α dans γ.

Dans les aciers inoxydables à 18 % de chrome et 8 % de nickel, la martensite thermique ne peut être obtenue qu'en faible quantité et celle résultant de l'écrouissage, beaucoup plus abondante dans les aciers instables ([1]), fait intervenir un processus de déformation plastique qui complique le phénomène. Il en résulte que l'étude, dans ces aciers, du retour à l'équilibre par chauffage, souvent accompagné de précipitations de carbures, de la martensite est délicate ([1]), ([2]), qu'il se produit dans un intervalle étroit de températures, et se manifeste par la disparition du ferromagnétisme, accompagnant le retour à l'état austénitique, sans qu'on puisse clairement distinguer plusieurs étapes dans cette évolution.

Des essais préliminaires nous ont montré que certains des aciers de la gamme faisant l'objet de la présente Note ont, après trempe à l'eau à 1100°, une structure comportant 90 % de martensite et que l'évolution de celle-ci au chauffage se fait sur un large intervalle de températures, permettant de distinguer diverses étapes. Ce fait favorable a été mis à profit systématiquement dans cette étude.

La dilatométrie différentielle, à des vitesses de chauffage allant de 1,5 à 280° C/h, montre que le retour à l'équilibre de la martensite s'étale de 500 à 800° dans le premier cas et de 500 à 870° dans le second : avec les chauffages les plus rapides, on peut distinguer deux stades de transformation, situés respectivement dans les domaines 500-700° et 820-870° (*fig.* 1); cette séparation ne peut plus se faire, avec les chauffages lents,

les deux processus de transformation étant plus complètement superposés. Au point de vue dilatométrique, la transformation globale est d'autant plus avancée que la vitesse de chauffage est plus lente, sauf dans le domaine intermédiaire de températures 680-750° pour lequel la transformation a progressé plus complètement avec les chauffages les plus rapides.

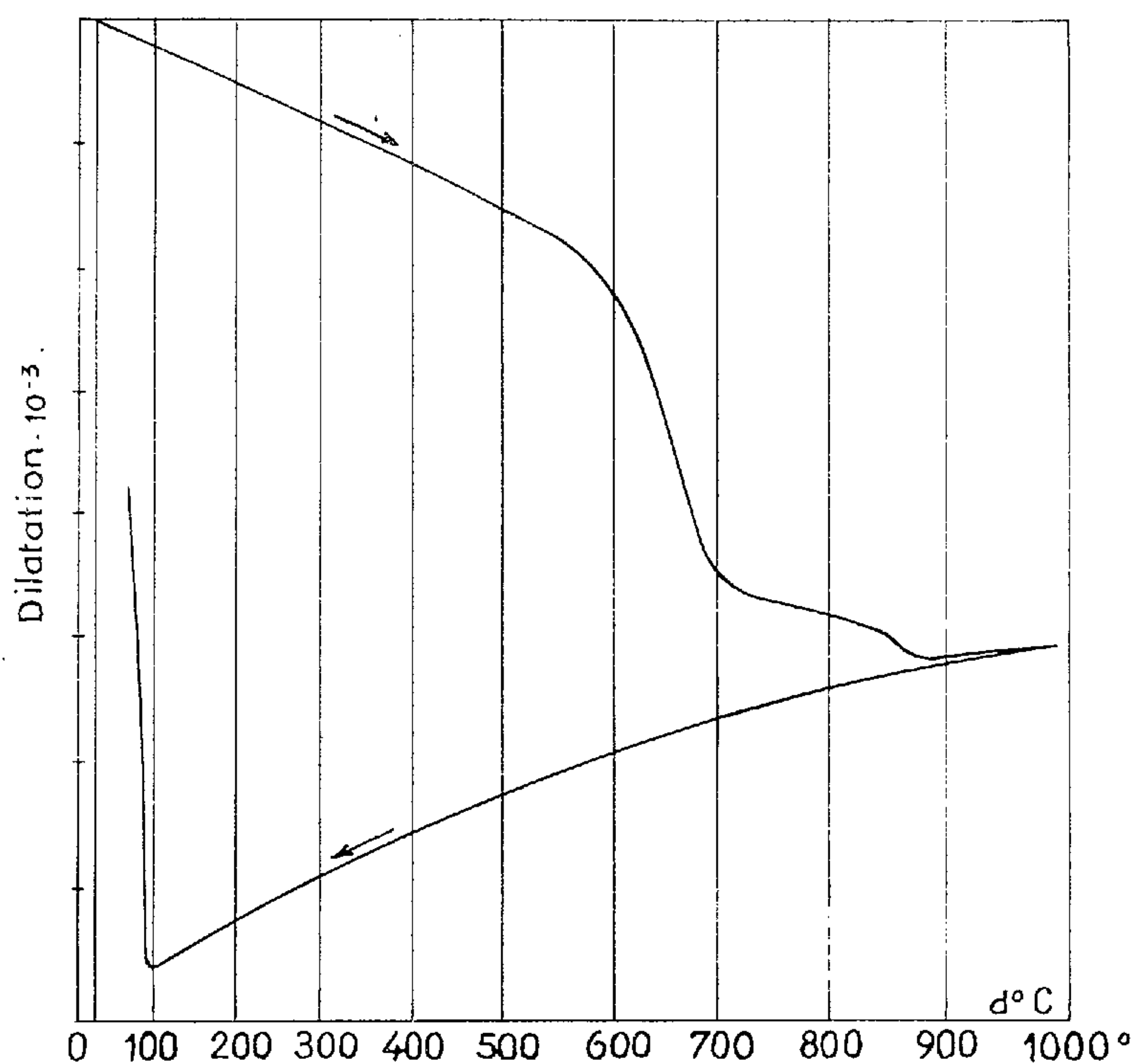


Fig. 1.

Avec des maintiens vers 600° (50 h à 590° dans le cas de la figure 2) suivis de chauffage, la transformation isotherme est importante, puis de 590 à 850°, il n'y a pas de transformation sensible et la remise en solution $\alpha \rightarrow \gamma$ n'est terminée qu'à 920°, température nettement plus élevée que précédemment.

Des déterminations quantitatives de phase ferromagnétique (³) montrent qu'il reste 60 % de phase α après 50 h à 590°, que cette proportion reste inchangée jusque vers 850°, les phénomènes de remise en solution ne se manifestant qu'au-dessus.

En résumé, l'évolution (⁴) de la martensite se fait en deux temps : le chauffage provoque tout d'abord la décomposition assez rapide de la martensite en deux phases α et γ; cette structure évolue, au cours de chauffages à des températures supérieures à celles de sa formation très lentement en dessous de 800°, de façon sensible au-delà. Les compositions

des phases α et γ étant variables avec leur température de formation, la vitesse de mise en solution $\alpha \rightarrow \gamma$ est en fait limitée par les possibilités de diffusion du nickel et du chrome : ceci se manifeste notamment par des points de Curie situés respectivement à 680 et 620° pour des phases α formées à 650 et 750°.

Cet ensemble de résultats permet d'expliquer le fait, assez paradoxal que, pour atteindre le plus rapidement l'état final à une température donnée située en dessous de 700°, il soit nécessaire de réaliser une mise

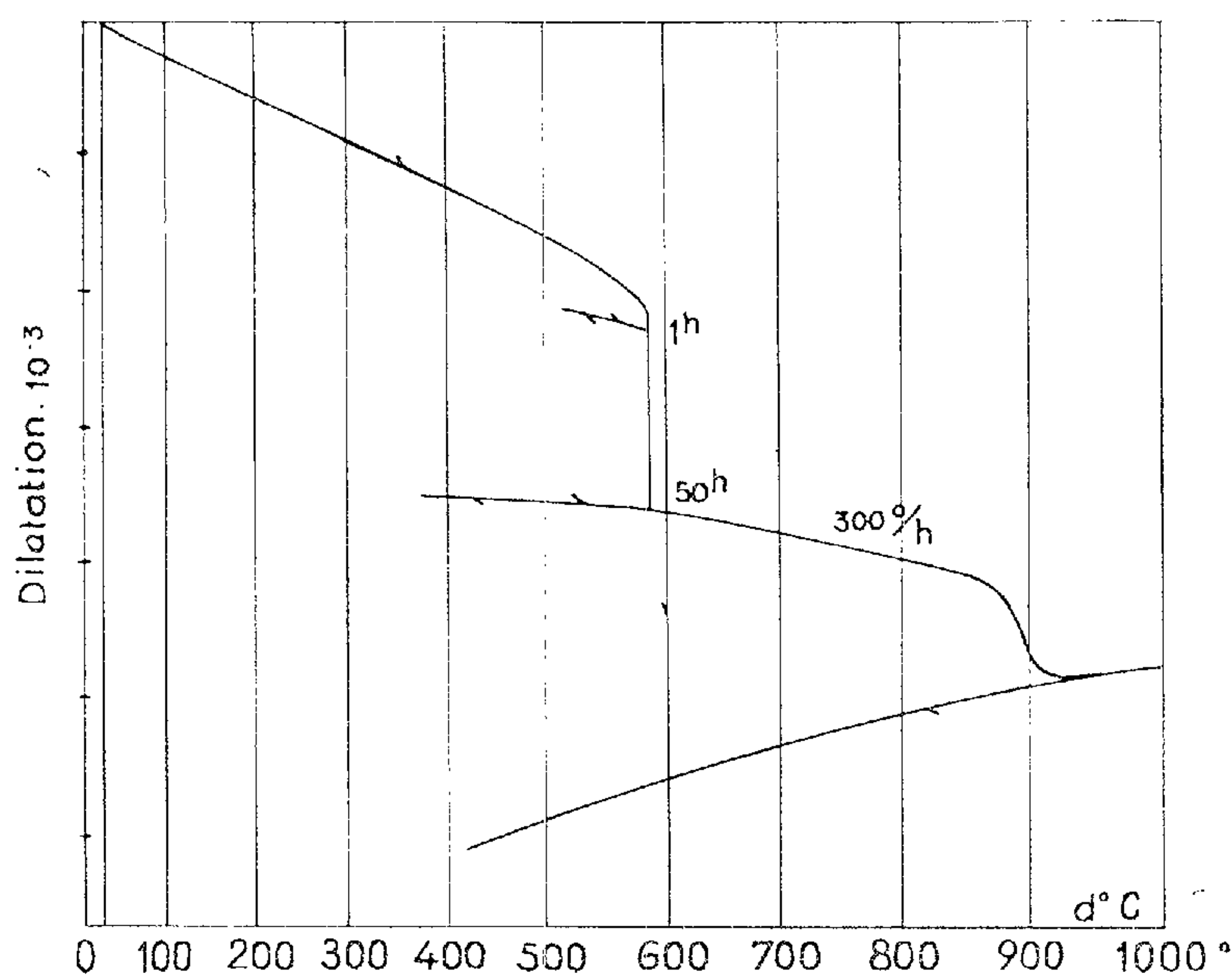


Fig. 2.

en température brutale : au cours d'une montée rapide en température, la martensite est maintenue à peu près inchangée et elle peut ensuite évoluer directement en deux phases α et γ voisines de l'état d'équilibre; une montée lente en température, donne au contraire dans les régions basses du domaine de décomposition de la martensite, deux phases de compositions variables suivant la température de leur formation, phases qui évolueront ensuite lentement vers l'équilibre aux températures plus élevées du fait des faibles valeurs des vitesses de diffusion.

Sous un autre aspect, à vitesse de chauffage donnée, la rapidité d'obtention de l'équilibre à la température maximum atteinte dépendra essentiellement de cette température :

a. si celle-ci est située vers 600-650°, le phénomène sera rapide, la décomposition de la martensite se faisant essentiellement dans ce domaine;

b. vers 700-800°, il sera lent, car la décomposition de la martensite

sera inévitablement faite, même pour les vitesses de chauffage les plus rapides, et les vitesses de diffusion du nickel et du chrome seront encore trop faibles pour conduire à une homogénéisation aisée des deux phases formées;

c. au-dessus de 850°, il redeviendra rapide, les vitesses de diffusion du nickel et du chrome prenant des valeurs suffisantes pour permettre aux deux phases précédemment formées à partir de la martensite de s'homogénéiser.

(1) P. Bastien et J. Dedieu, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 49.

(2) B. Cina, *J. Iron and Steel Inst.*, 179, 1955, p. 236.

(3) Effectuées avec un thermoperméamètre à saturation (A. Sulmont, J. Dedieu et P. Bastien, *J. d'Automne de la Soc. Fr. de Métallurgie*, octobre 1956).

(4) Ce processus reste le même si l'on a fait, au préalable, précipiter tous les carbures.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Nouvelle méthode pour le polissage électrolytique rapide des surfaces et ses applications métallographiques.* Note de M. **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Un dispositif très simple comportant une cathode entourée de tissus isolants spongieux permet le polissage local ou total des spécimens des métaux et alliages courants. La rapidité d'obtention d'un haut degré de poli justifie la généralisation de cette technique, prévue primitivement pour les examens métallographiques non destructifs, par répliques, sur pièces volumineuses.

Dans les laboratoires, le polissage électrolytique est réalisé soit avec le montage original de la cellule (1), soit sur des appareils semi-automatiques spécialement conçus (2). L'une et l'autre de ces deux techniques présentent ses avantages et inconvénients. La première exige une certaine attention de la part de l'opérateur, mais permet le polissage de la totalité de la superficie d'objets atteignant une vingtaine de centimètres carrés. La seconde donne facilement des résultats très constants, mais la zone polie est au maximum de 3 cm².

La nouvelle méthode d'examens métallographiques à partir de répliques cellulosiques (3) nous a conduit à mettre au point un procédé de polissage local sur pièces de forme et taille quelconques.

Déjà préconisé sous le nom de polissage à la « brosse » (4), le polissage local avait fourni jusqu'à présent des résultats trop peu reproductibles pour pouvoir être généralisé. Partant d'un principe analogue, nous avons cherché à définir l'appareillage et les électrolytes adaptés aux matériaux métalliques courants. La technique finalement élaborée présente de tels avantages, par rapport aux procédés actuels rappelés ci-dessus, que ses applications débordent largement le domaine des examens non destructifs pour lequel elle était initialement prévue.

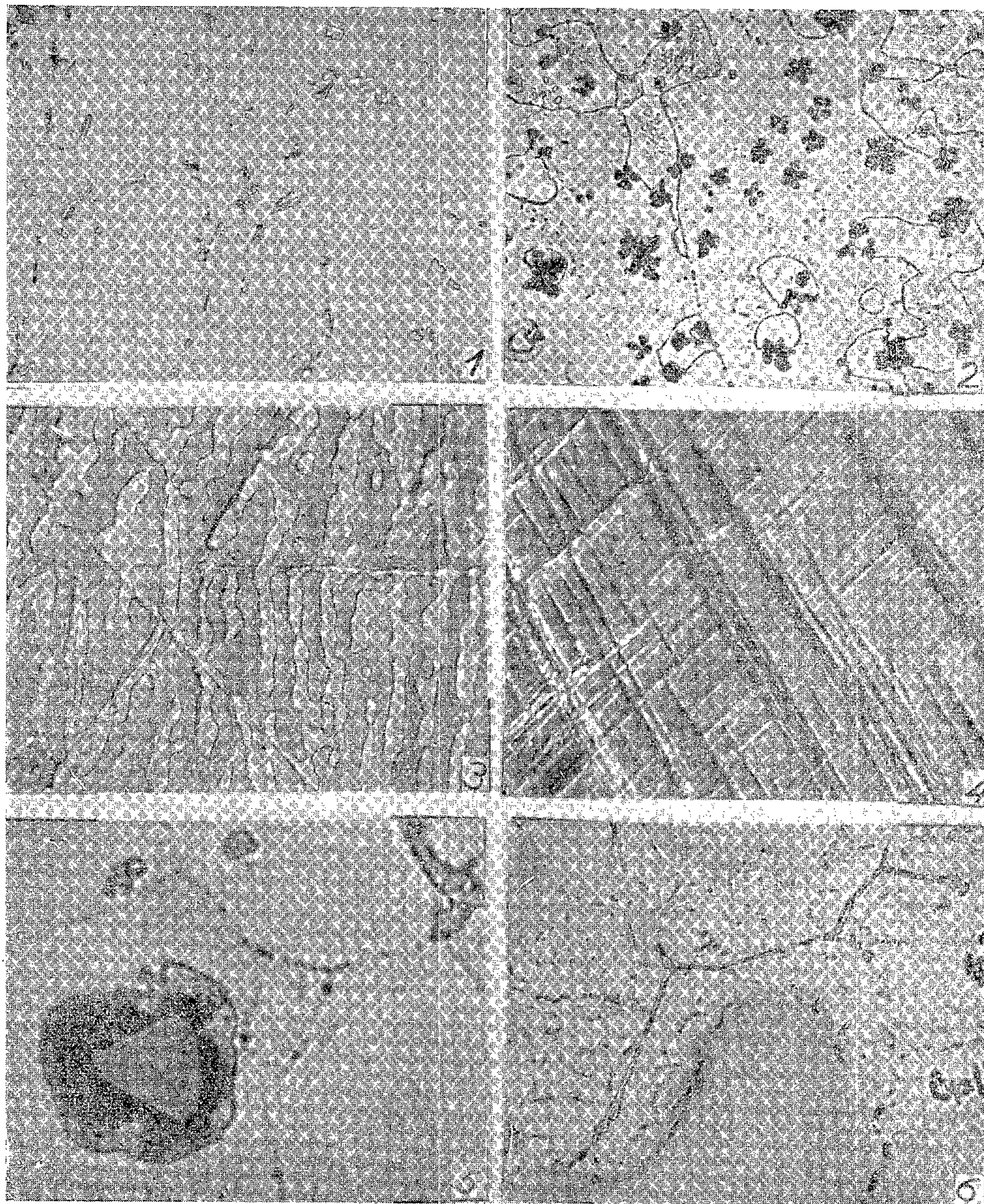


Fig. 1. — Aluminium à 99 % ; planche laminée à 1 mm ; électrolyte $ClO_4H—CH_3OH$; 30 s (G = 400).

Fig. 2. — Laiton à 52,3 % Cu — 55,54 % Zn — 1,60 % Fe ; électrolyte $NO_3H—CH_3OH$; 20 s (G = 400).

Fig. 3. — Météorite (Fe-Ni) ; électrolyte $ClO_4H—CH_3CO_2H$; 30 s (G = 400).

Fig. 4. — Acier à 7 % Ni — 4 % Cr — 8 % Mn ; surface brute de sciage ; électrolyte $ClO_4H—CH_3CO_2H$; 60 s ; déformation plastique de l'austénite mise en évidence par le contraste interférentiel de Nomarski (G = 1 000).

Fig. 5. — Inclusion complexe dans un uranium faiblement allié ; électrolyte $ClO_4H—CH_3CO_2H$; 25 s (G = 2 000).

Fig. 6. — Zirconium à 99,5 % fondu sous argon ; électrolyte $ClO_4H—CH_3CO_2H$; 30 s (G = 1 000).

La partie essentielle du dispositif est une pièce métallique en forme de tampon dont l'extrémité arrondie est enveloppée dans une matière à la fois électriquement isolante, inattaquable par l'électrolyte et assez spongieuse pour retenir une quantité appréciable de celui-ci. Ce tampon joue le rôle de cathode et est appliqué sur l'objet relié au pôle positif de la source de courant. Le polissage limité à la zone de contact (0,5 à 1 cm^2) peut, en fait, être étendu autant qu'on le désire par simple déplacement de la cathode. Ainsi, sous une tension à vide comprise entre 15 et 30 V, un courant de l'ordre de 0,2 à 0,4 A permet de polir une superficie qui exigerait avec les dispositifs classiques une intensité considérablement plus élevée.

Trois modèles de tampons caractérisés par la nature du métal (cuivre ou acier 18/8), le rayon de courbure de l'extrémité, le type de la matière isolante (tissus en fibres de verre ou textiles synthétiques) sont actuellement utilisés pour les matériaux suivants : aluminium, magnésium et leurs alliages respectifs, cuivre et ses alliages (laitons mono et polyphasés, cupro-aluminium, cupro-nickel, etc.), fer, aciers au carbone, certains aciers spéciaux (inoxydables ferritiques et austénitiques), alliages nickel-chrome 80/20 tenaces à chaud, chrome, uranium et zirconium.

Bien que les électrolytes contiennent les produits de base habituels (acides perchlorique, acétique, phosphorique et nitrique, eau, alcools), beaucoup de ceux employés normalement ne conviennent pas ici. Nous avons dû rechercher systématiquement la composition la mieux adaptée à chaque cas, c'est-à-dire compte tenu de la nature du métal, du type de tampon, de l'étendue de la superficie à polir (strictement limité à la zone de contact ou quasi illimitée). Les détails sur ces électrolytes et leur mode d'utilisation seront donnés ailleurs.

La mise en œuvre correcte du polissage au tampon ne présente aucune difficulté moyennant quelques précautions pour réduire l'échauffement (surtout à craindre avec les spécimens de faible volume et les électrolytes peu conducteurs), et pour éviter la formation sur la surface de marques provenant de la trame du tissu isolant. Ce dernier défaut, spécifique du polissage sans déplacement latéral de la cathode, est supprimé en opérant non pas par contact continu, mais par touches successives rapides.

Grâce à la haute densité de courant locale, et peut-être aussi à un effet favorable de l'isolant, l'obtention du poli micrographique, à partir d'un état abrasé relativement grossier, ne demande en général que quelques dizaines de secondes (*fig.* 1 à 6).

En résumé, la simplicité de l'appareillage, la rapidité de l'opération et le fait que le prélèvement de petits échantillons devient désormais inutile, rendent le polissage au tampon éminemment pratique pour les

examens métallographiques, qu'il soit ou non associé à la prise de réplique, transparentes.

([1]) P. A. JACQUET, *Rev. Métallurgie*, 37, 1940, p. 210 et 244.

([2]) *Voir* par exemple : E. KNUTH-WINTERFELDT, *Mikroskopie*, 5, 1950, p. 184; P. A. JACQUET, *Metall. Rev.*, 1, 1956, p. 157.

([3]) A. VAN EFFENTERRE, P. A. JACQUET et E. MENCARELLI, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2355.

([4]) J. MAZIA, *Steel*, 19 mai 1947, p. 84.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur un cas manifeste de cocatalyse.* Note de MM. **PIERRE LEPRINCE** et **JOSEPH-CHARLES JUNGERS**, présentée par M. Pual Pascal.

Le chlorure stannique, apparremment actif comme tel dans la déshydrochloration des chlorures d'alcoyles secondaires, voit son activité croître, lorsqu'on y ajoute de l'acide acétique, jusqu'au moment où les constituants sont dans le rapport $SnCl_4.2CH_3COOH$; en absence d'acide acétique, c'est vraisemblablement l'acide chlorhydrique extrait du chlorure d'alcoyle qui agit comme cocatalyseur.

On a signalé à différentes reprises que des corps communément considérés comme catalyseurs en chimie organique ($AlCl_3$, $SbCl_3$, $TiCl_4$, $SnCl_4$...) ne sont actifs dans telle réaction que s'ils agissent en conjonction avec une substance auxiliaire, dite cocatalyseur ou activateur. D'une manière générale, les exemples d'une telle catalyse manquent cependant de netteté et souvent même ils ne sont envisagés que pour les besoins de l'interprétation des faits; il nous a semblé intéressant d'en relater un cas particulièrement significatif. Lorsqu'on soumet à l'action du chlorure stannique le chlorure de cyclohexyle, maintenu à sa température d'ébullition (142°C), il subit une déshydrochloration rapide; on peut suivre la réation en recueillant l'acide chlorhydrique et le cyclohexène produits. La vitesse de réaction, rapportée à 0,1 mole de $SnCl_4$ est, dans ces conditions, de $3,0.10^{-2}$ mole par minute.

La réaction qui est, toutes choses égales d'ailleurs, diversement affectée par les solvants, subit une inhibition marquée de la part des solvants apolaires. Pour un mélange de 61 g de $C_6H_{11}Cl$, 79 g de méthylcyclohexane et 0,1 mole de $SnCl_4$, qui bout à 117° C, la vitesse n'est plus que $4,5.10^{-4}$. Si l'on ajoute à ce mélange de faibles quantités d'acide acétique, qui n'en modifie pas sensiblement le point d'ébullition, on voit la vitesse de réaction croître progressivement jusqu'au moment où la concentration d'acide acétique est double de celle du chlorure stannique ($V = 4,0.10^{-3}$); au-delà de cette limite l'adjonction d'acide acétique n'a plus comme effet que de réduire linéairement la vitesse spécifique de la réaction. Les résultats présentés dans la figure 1 permettent de vérifier que l'action catalytique est proportionnelle à la concentration du corps

présent en plus faible proportion. L'acide monochloracétique donne lieu à une activation du même type (courbe en pointillé).

Ces résultats indiquent que la forme catalytiquement active est en réalité le complexe $SnCl_4.2CH_3COOH$ ou $SnCl_4.2CH_2ClCOOH$. Le premier de ces composés est connu; on a signalé que le système $SnCl_4—CH_3COOH$, qui présente une lacune de miscibilité pour les mélanges pauvres en acide acétique, donne, pour la composition indiquée, un solide fondant à 19,3°C (¹).

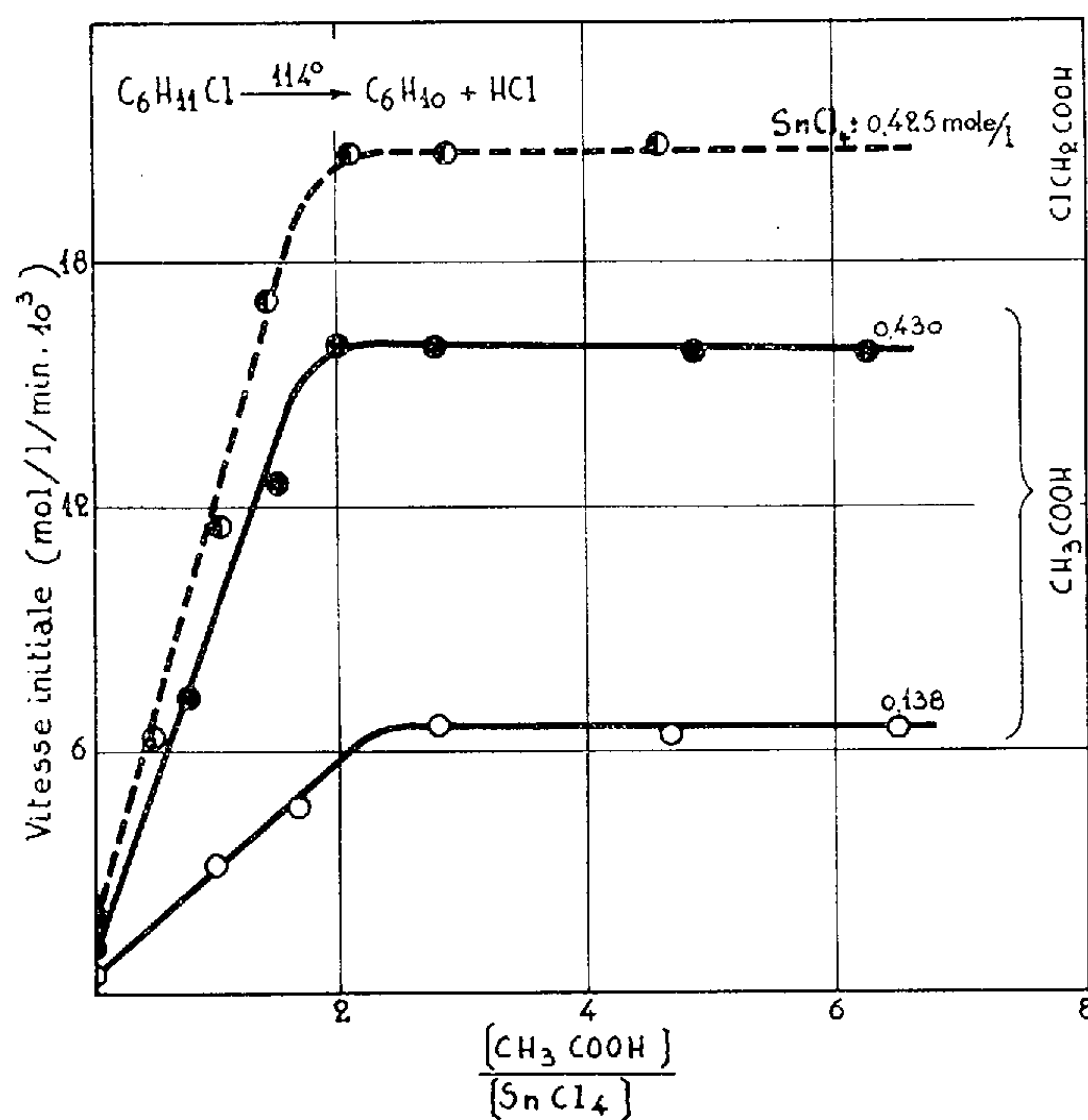


Fig. 1.

Les mesures de la constante diélectrique de mélanges de chlorure stannique et d'acide acétique indiquent que pour le mélange répondant à la composition stœchiométrique celle-ci présente une valeur particulièrement élevée (D = 60). Pour le système $SnCl_4 — CH_2ClOOH$ les mesures, effectuées à une température supérieure au point de fusion de l'acide, révèlent le même effet. Ces résultats montrent que le complexe est caractérisé par une forte polarité qui pourrait donner l'explication de son activité catalytique.

Des mesures calorimétriques, portant sur la détermination de la chaleur dégagée lorsqu'on ajoute des quantités croissantes d'acide acétique à une quantité donnée de chlorure stannique pur, montrent que les deux premières molécules se fixent avec une libération d'énergie assez élevée; le défaut de miscibilité des composants n'a pas permis d'étendre les mesures au domaine

de faibles concentrations en acide acétique. Par contre, l'adjonction des molécules suivantes libère une énergie de plus en plus faible.

Moles de CH_3COOH par mole de $SnCl_4$	2.	3.	4.	5.
ΔH en kcal	8,34	10,68	12,78	13,43
$\frac{d(-\Delta H)}{\text{mole}}$	4,17	2,34	1,1	0,65

Les molécules d'acide excédentaires ne manifestent pas d'action particulière dans nos mesures cinétiques, effectuées à température relativement élevée; par

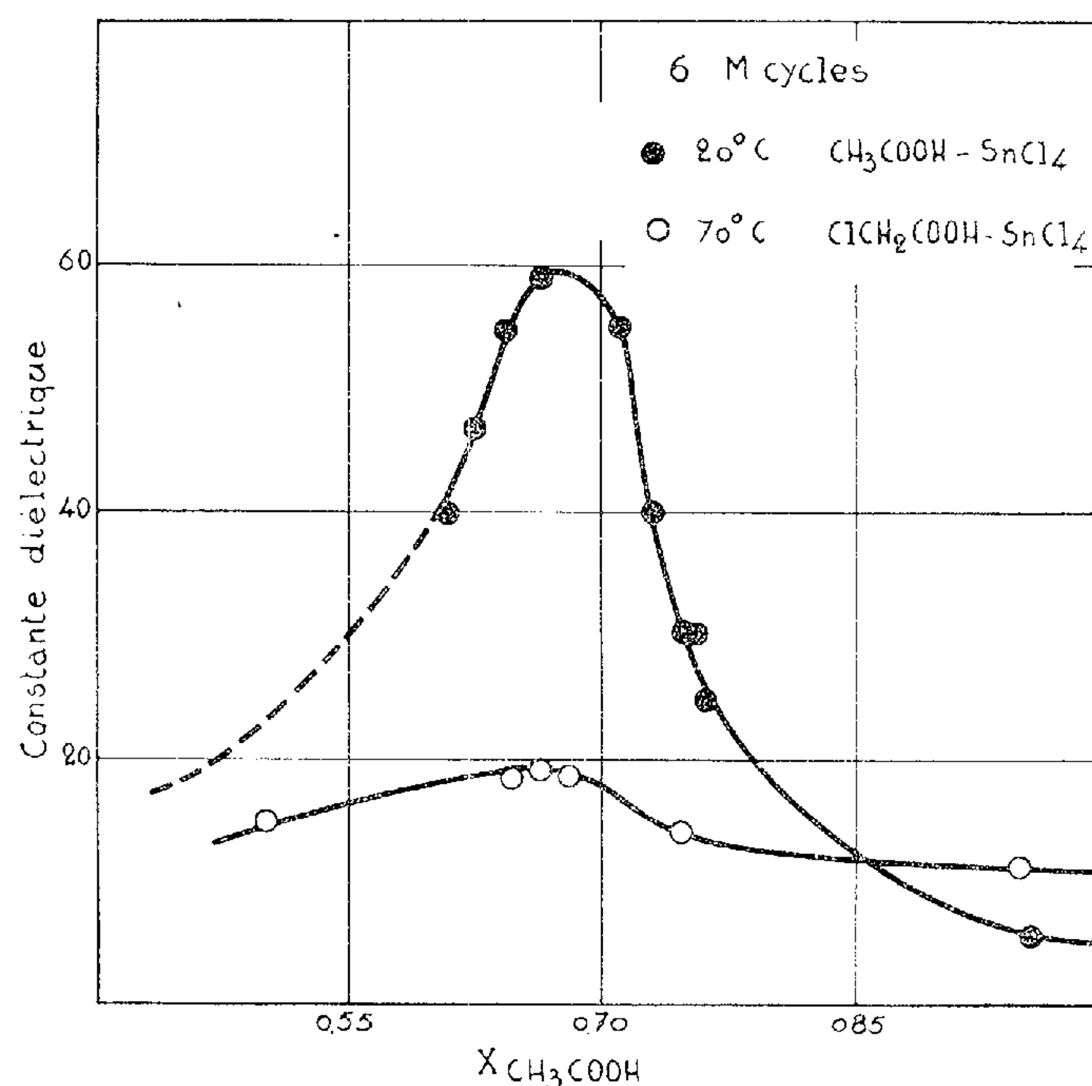


Fig. 2.

contre, dans la chloration des aromatiques, conduite à température normale avec le chlorure stannique comme catalyseur, elles exercent une action inhibitrice qui finit par l'emporter sur l'effet favorable des deux premières (²).

On pourrait dès lors attribuer l'action catalytique du chlorure stannique, engagé initialement seul dans la décomposition envisagée et dans les chlorations, au complexe qu'il formerait avec l'acide chlorhydrique produit dans la réaction; la courbe de fusion de ce système indique qu'il se produit en effet un distectique pour la composition $SnCl_4.2HCl$ (³).

(¹) M. Usanovitch et E. Kalabanovsky, *Rec. Chim. Gén. U. R. S. S.*, 17, 1947, p. 1325.

(²) J. Lepage, Résultats inédits.

(³) A. Chrétien et G. Varga, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1491.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfures de terres rares cériques* S_4Me_3. Note de MM. **Marius Picon** et **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les sulfures S_4Me_3 des terres rares cériques se préparent en combinant les composés S_3Me_2 et SMe par chauffe à 1600°. Ces dérivés sont cubiques du type P_4Th_3. Ils sont conducteurs de l'électricité ; les éléments métalliques restent trivalents. S_4Sm_3, par contre, se présente comme un sulfure salin $S_3Sm_2.SSm$ avec des ions Sm^{++}. Il est plus volatil que les autres. Les sulfures S_4Me_3 se volatilisent dans le vide à 2100°.

L'existence des sous-sulfures de terres rares S_4Me_3 a été envisagée par Zachariasen [1] à la suite de déterminations spectrographiques par les rayons X montrant que S_3Ce_2 et S_3La_2 ont une structure cubique dérivée du type P_4Th_3 par la formation de lacunes dans le réseau des ions métalliques de S_4Me_3. On doit alors passer de 4 mol par maille pour S_4Ce_3 à 16/3 de mol avec S_3Ce_2. Les densités calculées par l'auteur et celles que nous avons trouvées expérimentalement concordent avec cette hypothèse et paraissent établir l'existence des composés S_4Me_3 :

	S_4Ce_3.	S_3Ce_2.	S_3La_2.
Densité calculée par Zachariasen......	5,68	5,21	5,05
» trouvée......................	5,48	5,184	5
	Flahaut et Attal [2].	Picon et Cogné [3].	Picon et Cogné [3].

On observe une légère différence du paramètre qui diminue de 8,6173 kX à 8, 6076 [1] en passant de S_3Ce_2 à S_4Ce_3 ; ce fait a été confirmé par Banks et ses collaborateurs [4] (8,618 à 8,606). Ces derniers auteurs ont aussi constaté que S_4Ce_3 est un composé doué d'une bonne conductibilité électrique, $\rho = 4 . 10^{-4}$ ω/cm alors que S_3Ce_2 est assez résistant, $\rho = 1000$ ω/cm. On en déduit la présence d'électrons libres dans S_4Ce_3, les atomes de cérium restant toujours trivalents.

Dans le but de confirmer l'existence de ces sous-sulfures, nous avons effectué de nouveaux essais avec d'autres terres rares.

Les méthodes de préparation indiquées par Eastman [5] utilisent l'action de S_3Ce_2 sur le sous-sulfure SCe ou l'hydrure CeH_3 en proportions voulues pour aboutir à S_4Ce_3. Nous avons employé, comme dans la première de ces méthodes, le mélange S_3Me_2 et SMe. Il est chauffé pendant 2 h à 1 600°.

Le tableau suivant rassemble les déterminations effectuées.

Dans le cas du lanthane et du praséodyme, les propriétés physiques ci-dessus ont été déterminées avec des produits obtenus à partir d'oxydes purs provenant du Laboratoire des terres rares du Centre National de la Recherche Scientifique.

Notons encore que la formation des dérivés S_4Me_3 s'observe aussi dans les cas suivants : excès de Al agissant sur S_3Ce_2 pendant 6 h de 1100 à 1550°,

($S = 23,34$ %, $d = 5,48$). Action de 15 % de Al à 1350° puis à 1600° sur un mélange $4S_3Ce_2 + O_2Ce$. Chauffage de S_3Sm_2 pendant 30 mn à 1800° ou de O_2SSm_2 au-dessus de 1650° en présence du graphite.

	S_4La_3.	S_4Ce_3.	S_4Pr_3.	S_4Nd_3.	S_4Sm_3.
Aspect	Noir bleuté.	Noir bleuté.	Noir bleuté.	Noir bleuté.	— Noir.
Paramètre (Å « vrai ») de la maille cubique type P_4Th_3 avec 4 mol :					
D'après Zachariasen [1]	–	8,625		–	–
D'après Banks [4]	–	8,623		–	–
Trouvé pour S_4Me_3	8,730	8,626	8,594	8,524	8,556
» pour $S_3Me_2\gamma$	8,731	8,630	8,594	8,527	8,448
Densité :					
Théorique	5,44	5,67	5,77	6,02	6,14
Trouvée	5,34	5,51	5,57	5,91	6,11
Théorique pour $S_3Me_2\gamma$	4,98	5,18	5,27	5,50	5,83
Trouvée » »	4,93	5,18	5,27	5,49	5,87
Composition :					
S % théorie	23,53	23,38	23,27	22,86	22,13
S % trouvée	23,51	23,72	23,25	22,87	22,16
Métal % théorie	76,47	76,62	76,73	77,14	77,87
Métal % trouvée	76,25	76,25	76,91	77,34	78,35
Susceptibilité magnétique par atome-gramme, $\chi_a \cdot 10^{-6}$ C. G. S. à 20° C :					
Pour S_4Me_3	−27,2	2 125	–	4 849	2 350
» $S_3Me_2\gamma$	−27,1	2 132	4 622	4 924	1 020
Résistivité électrique (compression à 150 kg/cm²) :					
ρ (Ω/cm)	0,24	0,58	–	1,2	66,4

Les susceptibilités magnétiques, par atome de métal, des sulfures S_4Me_3 sont très voisines de celles de S_3Me_2, pour La, Ce, Nd et Pr. Tous les atomes métalliques sont donc trivalents. La présence d'électrons libres est alors nécessaire pour assurer la neutralité électrique du réseau cristallin, elle provoque une certaine conductibilité électrique que nous avons vérifiée expérimentalement.

Dans le cas du samarium, S_4Sm_3 fournit une susceptibilité élevée, $2350 \cdot 10^{-6}$, presque exactement égale à celle que l'on peut calculer pour un sulfure salin $S_3Sm_2 . SSm$ à partir des valeurs que nous avons déjà indiquées pour Sm^{++} dans SSm : 4970 et Sm^{+++} avec S_3Sm_2 : 1020 (soit $2337 \cdot 10^{-6}$).

Les paramètres cristallins varient régulièrement en fonction du numéro atomique pour Ce, Pr et Nd. La valeur est, par contre trop élevée d'environ 0,6 % pour La et de 1 % avec Sm. Ceci est dû à la forte dimension du rayon ionique pour La^{3+} et à l'augmentation de ce rayon avec le samarium divalent Sm^{2+} dont nous avons montré l'existence dans S_4Sm_3.

Lorsqu'on passe de S_4Me_3 à S_3Me_2, les variations des paramètres cristallins ne

sont pas décelables dans le cas de La et Pr. Elles sont de 1/3000[e] pour Ce et Nd. Ces différences trop faibles ne nous ont pas permis de vérifier, avec les quatre terres rares précédentes, des variations continues entre S_4Me_3 et S_3Me_2. Avec le samarium, on constate que le paramètre passe de 8,448 à 8,556 Å pour S_3Sm_2 puis S_4Sm_3. Des constitutions intermédiaires entre ces deux formules donnent des paramètres différents qui se situent régulièrement entre les deux valeurs indiquées précédemment. On peut donc considérer que les sulfures S_4Me_3 se transforment progressivement par des lacunes d'ions métalliques jusqu'à la teneur S_3Me_2 qui correspond à la trivalence presque constante des terres rares. Les valeurs des densités théoriques calculées conformément à cette hypothèse sont très voisines de celles qui sont trouvées expérimentalement pour les dérivés S_4Me_3. Avec les sulfures S_3Me_2, les correspondances deviennent remarquables; ces densités sont toujours nettement plus faibles, les composés possédant des lacunes de métal.

Vis-à-vis de la chaleur, ces corps sont réfractaires et l'on constate leur faible dissociation avec formation de sous-sulfure après une chauffe de 2 h dans le vide à 1800°. Sur le graphite, on observe une très faible carburation à la même température. En opérant sur le carbure de titane CTi on évite la carburation, les produits se volatilisent rapidement dans le vide, sans fondre, à des températures voisines de 2100°. S_4Sm_3 est, par contre, beaucoup plus volatil que les autres. Il distille à 1600° sans se carburer, même au contact du graphite.

Ces sulfures sont attaqués plus facilement par les acides minéraux que les composés S_3Me_2 ou SMe. L'acide acétique dilué fait de même. Ils dégagent un mélange de SH_2 et H_2 dans la proportion de 8 pour 1 en volumes et suivant l'équation $S_4Sm_3 + 9\,ClH = 3\,Cl_3Sm + 4\,SH_2 + 1/2\,H_2$.

Leur oxydation par l'air est un peu moins facile que celle des autres sulfures S_3Me_2, SMe et S_2Me. Elle est très lente à 500°. A 600°, l'on obtient un sulfate basique $SO_4(OMe)_2$. Dans le cas du lanthane, elle est encore extrêmement lente à cette dernière température. Avec O_2H_2, on obtient une oxydation en sulfate.

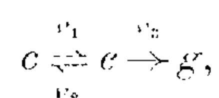
En conclusion, les sulfures S_4Me_3 sont des composés définis par l'ensemble de leurs propriétés cristallographiques, physiques et chimiques. Les sulfures S_3Me_2 possèdent la même structure cristalline mais avec des lacunes d'ions métalliques et il existe entre les deux formules une suite continue de compositions intermédiaires. Le fait que les ions métalliques restent trivalents (avec La, Ce, Pr, Nd) explique que, partant de S_4Me_3, la variation de composition aboutisse à un autre composé défini S_3Me_2.

(1) *Acta Cryst.*, **2**, 1949, p. 57 et 60.
(2) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 682.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, (4), **51**, 1932, p. 94.
(4) BANKS, STRIPP, NEWKIRK et WARD, *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 1952, p. 2450.
(5) EASTMAN, BREWER et al., *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 2248.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Interprétation des cinétiques de solvolyse de chloro-2 cyclopentanols et cyclohexanols trans.* Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Jean Julien** et **Hubert Bodot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les réactions de solvolyse se prêtent à une étude quantitative de la réactivité des chloro-2 alcools; seuls des composés cyclaniques de structure trans ont été examinés afin de fixer leur configuration et d'éliminer l'influence de la libre rotation sur les mécanismes et les vitesses. L'aspect cinétique de ces solvolyses et certains effets de sels et de solvants ont été interprétés.

Discussion des données cinétiques. — Les données cinétiques antérieures ont établi que la solvolyse des chloro-2 alcools trans (c) évolue suivant un ordre complexe ([1]) avec formation de glycols trans (g) (nous avons montré que les produits carbonylés, formés en quantités variables proviennent de la déshydratation de ces diols); le schéma réactionnel proposé ([2]) pour représenter cette réaction implique l'époxyde intermédiaire (e) :



$$c \underset{v_2}{\overset{v_1}{\rightleftharpoons}} e \xrightarrow{v_3} g,$$

ce qui entraîne les conditions différentielles

$$v_1 = k_1[c], \qquad v_2 = k_2[e][\mathrm{Cl}^-][\mathrm{H}^+], \qquad v_3 = k_3[e][\mathrm{H}^+].$$

La réaction retour (vitesse v_2) (dont l'importance croît avec la concentration en ions chlorures, qui est liée à l'avancement de la réaction globale), rend compte de la complexité de l'ordre observé.

La résolution rigoureuse du système différentiel précédent ne semblant pas réalisable, la question a été traitée par approximation : l'obtention de cinétiques du premier ordre, et par suite de constantes de vitesses significatives, est possible en éliminant le maximum d'époxyde sous forme de diol, c'est-à-dire en minimisant la réaction v_2 devant v_3, ce que permet la différence d'ordre de ces réactions 2 et 3. Si nous nous imposons par exemple la condition symbolisée par l'inégalité $v_3 \geq 10\,v_2$, il résulte des valeurs de v_2 et v_3 que $[\mathrm{Cl}^-] \leq 1/(10\,k_2/k_3)$ (A). Cette limitation de $[\mathrm{Cl}^-]$ dans le milieu réactionnel conduit à ne considérer que le début de la réaction (4 à 5 %) pour des c_0 de l'ordre de 0,2 N, ou à n'envisager la totalité de la réaction que pour des c_0 beaucoup plus faibles (de l'ordre de 0,005 N).

Le détail de la discussion montre que dans des conditions initiales la formule (B) est utilisable : $[\mathrm{Cl}^-] = k_1[c_0]\,t$. Pour l'ensemble de la réaction, l'approximation dite de l'état stationnaire donne :

$$\frac{d[\mathrm{Cl}^-]}{dt} = k_1 \frac{[c_0] - [\mathrm{Cl}^-]}{1 + \dfrac{k_2}{k_3}[\mathrm{Cl}^-]} \quad (\mathrm{C}).$$

Dans ce dernier cas la variation de $[Cl^-]$ ne sera du premier ordre que si $(k_2/k_3)[Cl^-]$ est négligeable devant l'unité, ce qui nous ramène à une condition équivalente à (A).

La concordance expérimentale des deux méthodes justifiées ci-dessus est mise en évidence dans l'exemple suivant :

Produit : chloro-2 cyclohexanol trans; solvant : dioxane « 50 OH_2 », $[ClO_4H] = 0,102$ N; $t = 100,0°$ C.

Conditions initiales : $c_0 = 0,2010$ N, $k_1 = 2,52.10^{-4}$ mn^{-1};

Réaction du premier ordre : $c_0 = 0,00585$ N, $k_1 = 2,41.10^{-4}$ mn^{-1}.

Effets de sel. — D'autre part, la mise en évidence de la réaction v_2 c'est-à-dire de la réaction retour, permettra d'apporter une preuve cinétique en faveur du passage par l'époxyde. L'addition initiale d'une concentration relativement importante d'ions chlorures (par rapport à celle produite par la réaction) provoquera une diminution de vitesse initiale spécifique $k_s = (d[Cl^-]/dt)/[c_0]$ liée à la valeur du rapport k_2/k_3 (C).

Cette valeur est par ailleurs accessible grâce au rapport entre les quantités de chloro-2 alcools et de diol formés dans l'action de l'acide chlorhydrique sur l'époxyde correspondant (dernière colonne du tableau). Nous constatons que ce rapport dépend notamment de la structure des époxydes; l'étude des mécanismes est en cours.

Solvolyse des chloro-2 cyclanols trans. Effets de sel.

Produits.	Conditions expérimentales.	k_s en mn^{-1}. $[ClO_4Na] = 0,08$ N.	$[ClNa] = 0,08$ N.	$\frac{k_2}{k_3}$ ou $\frac{k_2}{(k'_2 + k_3)}$ (g).
Cl-2 cyclohexanol trans...........	(a)	$2,46.10^{-4}$	$1,22.10^{-4}$	8,4
Cl-2 cyclopentanol trans..........	(b)	4,80 »	2,44 »	9,0
Me-1 Cl-2 cyclohexanol trans......	(c)	$11,0.10^{-3}$	$10,2.10^{-3}$	0,70
Me-1 Cl-2 cyclohexanol trans......	(d)	$10,1.10^{-4}$	$6,94.10^{-4}$	3,64
Me-1 Cl-2 cyclopentanol trans.....	(e)	9,90 »	$9,39.10^{-3}$	0,32
Me-1 Cl-2 cyclopentanol trans.....	(f)	3,15 »	$2,28.10^{-4}$	1,6

(a) Diox. « 50 OH_2 », $t = 100,0°$, $c_0 = 0,200$ N.
(b) Diox. « 50 OH_2 », $t = 90,0$, $c_0 = 0,200$ N.
(c) Diox. « 50 OH_2 », $t = 100,0°$, $c_0 = 0,019$ N, $[ClO_4H] = 0,102$ N.
(d) Diox. « 20 OH_2 », $t = 100,0°$, $c_0 = 0,019$ N, $[ClO_4H] = 0,102$ N.
(e) Diox. « 50 OH_2 », $t = 82,9°$, $c_0 = 0,020$ N, $[ClO_4H] = 0,102$ N.
(f) Diox. « 20 OH_2 », $t = 70,0$, $c_0 = 0,200$ N.
(g) Ces rapports ont été obtenus par fixation de HCl sur les époxydes correspondants.

Il résulte de la faible valeur de ce rapport dans les exemples *c* et *e*, que la décélération prévue par adduction initiale d'ions chlorure est également faible. On peut prévoir [3] cependant une augmentation de ce rapport par diminution de la teneur en eau du solvant : la différence de polarité entre état initial et état de transition étant plus grande pour 2 (disparition de charges) que pour 3 (dispersion de charges), un solvant moins polaire entraîne une

accélération plus grande pour 2 que pour 3 conduisant à une augmentation de k_2/k_3. Cette augmentation apparaît nettement dans les exemples *d* et *f* déduits des précédents, par diminution de la teneur en eau du solvant; la décélération due aux ions chlorures réapparaît également.

Elle est d'autre part compliquée, pour les chloro-2 alcools dissymétriques, par la formation, à partir de l'époxyde intermédiaire, de l'isomère de position *c'*. On a pu déterminer par dosage cinétique des isomères, les valeurs des rapports $k_2/(k'_2+k_3)$, k'_2 étant la constante de vitesse de formation de l'isomère *c'* par chlorhydratation de l'époxyde.

Les accélérations obtenues sont en accord avec les rapports k_2/k_3 ou $k_2/(k'_2+k_3)$ donnés par l'étude des époxydes correspondants. Nous avons ainsi confirmé le schéma réactionnel proposé en montrant cinétiquement le passage par un époxyde intermédiaire dans la solvolyse des chlorhydrines trans étudiées.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

(1) M. Mousseron, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 610; M. Mousseron, Mme Mousseron-Canet et R. Jacquier, *Ann. Chim.*, 12e série, 8, 1953, p. 19.

(2) A. Peyron, *Thèse Université* (Sciences), Montpellier, 1954, p. 77.

(3) K. A. Cooper, M. L. Khar, E. D. Hugues, C. K. Ingold, B. J. Nulty et L. I. Woolf, *Chem. Soc.*, 1948, p. 2043.

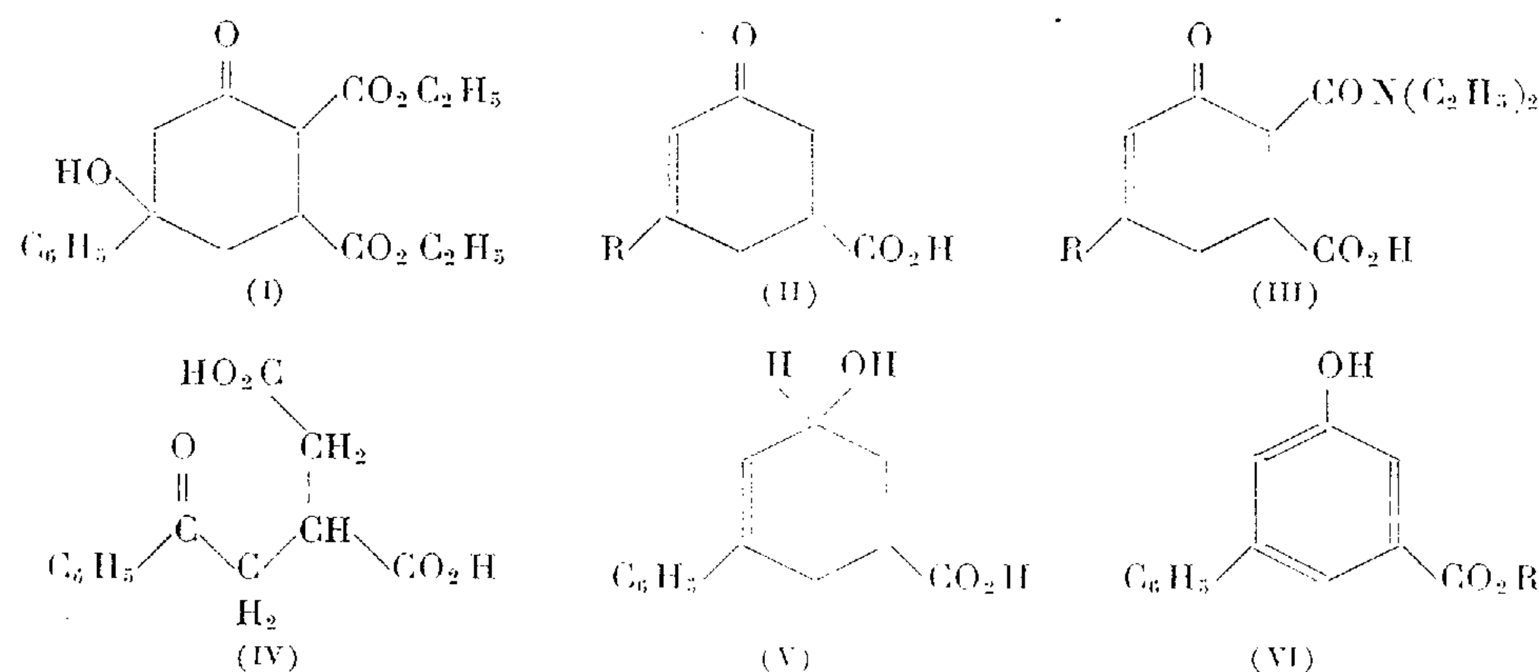
CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés de la carboxy-5 cyclohexène-2 one-1*. Note de MM. Sylvestre Julia et Yannik Bonnet, présentée par M. Marcel Delépine.

Diverses cétones α,β-éthyléniques β-carboxylées, condensées selon Michael avec l'acétylacétate d'éthyle et l'acétylacétamide N-diéthylé conduisent aux substances mentionnées dans le titre.

La synthèse antérieure de diverses bicyclo-(0.1.4) hepténones et cycloheptadiénones aromatiques (1) a été réalisée par une suite de réactions qui pourrait être généralisée en série alicyclique. Par la disposition des fonctions nécessaires aux transformations envisagées, les produits de départ devraient être des carboxy-5 cyclohexène-2 ones-1 substituées encore peu connues. Ces dernières substances sont maintenant aisément accessibles par une nouvelle synthèse formant l'objet de la présente Note.

De nombreux auteurs avaient étudié l'addition de divers réactifs nucléophiles (2) sur la double liaison de l'acide ou de l'ester β-benzoylacrylique. De l'ensemble de ces résultats, il apparaît que la double liaison se conjugue d'une manière prédominante avec la fonction cétone pour orienter l'addition en β par rapport à ladite fonction. Il était donc à prévoir que l'addition non encore étudiée de l'acétylacétate d'éthyle devrait permettre la formation simultanée d'un cycle hexagonal. Le β-benzoylacrylate d'éthyle et l'acétylacétate d'éthyle

dans l'alcool butylique tertiaire donnent en présence de triton B (hydroxy-benzyl-triméthyl-ammonium) 36 % d'un composé d'addition (I) $C_{18}H_{22}O_6$ (trouvé % C 64,9; H 6,8), F 114° et 59 % d'une huile. Le composé (I) et l'huile traités séparément par la soude aqueuse conduisent au même cétoacide (II) $R = C_6H_5$, $C_{13}H_{12}O_3$ (trouvé %, C 72,3; H 5,8), F 140° dont les maxima à l'ultraviolet 284 mμ (log ε 4,22) et 222 mμ (3,89) correspondent bien à ceux indiqués pour la phényl-3 cyclohexène-2 one-1 [283 mμ (4,29) et 221 mμ (4,00)] ([3]). Le même cétoacide (II) $R = C_6H_5$ est directement obtenu avec un rendement de 85 % en traitant le mélange d'une molécule d'acide β-benzoylacrylique et d'une molécule d'acétyl-acétate d'éthyle par deux molécules de soude aqueuse normale à température ordinaire pendant une dizaine d'heures.



La généralité de cette dernière préparation est montrée par le tableau suivant, les rendements restent toujours excellents quelle que soit la nature du substituant aryle :

(II) R =	F (°C).	Rdt (%).		Trouvé %. C.	Trouvé %. H.	λλmax (mμ).	(log ε).
p-bromophényl........	155	90	$C_{13}H_{11}O_3Br$	53,0	4.0	290 224	(4,02) (3,65)
p-méthoxyphényl......	180	84	$C_{14}H_{14}O_4$	67,9	5,9	316 233	(4,31) (3,98)
Dichloro-3'.4' phényl...	140	86	$C_{13}H_{10}O_3Cl_2$	55.0	3.8	284 228	(4.29) (4.10)
β-tétralyl.............	154	81	$C_{17}H_{18}O_3$	75.7	6.8	298 232 216	(4,27) (3.98) (3.95)

Afin de vérifier la constitution de la carboxycyclohexénone (II) $R = C_6H_5$, diverses opérations ont été faites. La réduction par BKH_4 conduit à un carbinolacide (V) $C_{13}H_{14}O_3$ (trouvé %, C 72,0; H 6,7) F 108° dont le maximum

247 mμ(4,06) correspond à celui d'un styrène. Par estérification, on obtient le cétoester éthylique correspondant $C_{15}H_{16}O_3$ (trouvé %, C 73,5; H 6,6), $\acute{E}_{0,2}$ 173°; n_D^{20} 1,5730; λ_{max} 284 mμ (4,47) et 222 mμ (3,97); semicarbazone F 164°; 2.4-DNP F 195°. Le cétoester $C_{15}H_{16}O_3$ réduit par BKH_4 puis déshydrogéné par le palladium sur carbone à 250° conduit après saponification à un acide $C_{13}H_{10}O_2$ (trouvé %, C 78,7; H 5,3), F 166°, λ_{max} 230 mμ (4,34) dont le point de fusion correspond à celui indiqué pour l'acide métaphénylbenzoïque [4]. Le cétoester $C_{15}H_{16}O_3$ est facilement déshydrogéné par le palladium sur carbone vers 250° en phénolester (VI) $R = C_2H_5$, $C_{15}H_{14}O_3$ (trouvé %, C 74,7; H 5,9), F 107°, $\lambda\lambda_{max}$ 312 mμ (3,64), 306 mμ (3,59) et 234 mμ (4,48). Par saponification, on obtient finalement le phénolacide (VI) R=H, $C_{13}H_{10}O_3$ (trouvé %, C 72,5; H 4,8), F 226°, $\lambda\lambda_{max}$ 310 mμ (3,61), 306 mμ (3,59) et 232 mμ (4,62). Par action prolongée de l'eau oxygénée et de la soude aqueuse, la carboxycyclohexénone (II) $R = C_6H_5$ est dégradée en cétodiacide (IV) $C_{12}H_{12}O_5$ (trouvé %, C 60,6; H 5,2), F 160°, λ_{max} 243 mμ (4,08). Le même cétodiacide (IV) est obtenu d'autre part par addition du malonate d'éthyle sur l'acide β-benzoylacrylique, saponification puis décarboxylation ou par addition de l'acétophénone sur le maléate de méthyle puis saponification. Ces dernières additions ont été opérées à l'aide de l'éthylate de sodium et du méthylate de sodium respectivement.

Les acides β-aroylacryliques et le diéthyl-N acétylacétamide donnent facilement en présence de soude aqueuse les composés polyfonctionnels (III) :

(III) R =	F (° C).	Rdt (%).		Trouvé % C.	H.	N.	λ_{max} (mμ).	(log ε).
Phényl................	138	73	$C_{18}H_{21}O_4N$	68,5	6,8	4,5	288	(4,27)
p-bromophényl........	171	85	$C_{18}H_{20}O_4NBr$	55,0	5,1	3,7	296	(4,36)
Dichloro-3'.4' phényl...	182	80	$C_{18}H_{19}O_4NCl_2$	56,6	5,2	3,7	288	(4,31)

Une brève communication tout récemment faite par G. Stork et H. K. Landesman [5] sur la condensation d'une ène-amine avec l'acétylacrylate d'éthyle nous oblige à présenter dès maintenant les premiers résultats de nos essais avec l'acide acétylacrylique. Ce dernier acide et l'acétylacétate d'éthyle en présence de la quantité calculée de soude aqueuse à température ordinaire conduisent au cyclohexènone-acide (II) $R = CH_3$, semicarbazone $C_9H_{13}O_3N_3$ (trouvé %, C 51,3; H 6,3; N 19,6), F 215° λ_{max} 266 mμ (4,36). Par esterification, on obtient le cétoester méthylique correspondant $\acute{E}_{0,7}$ 102°; n_D^{21} 1,4918; λ_{max} 234 mμ (4,08); semicarbazone $C_{10}H_{15}O_3N_3$ (trouvé %, C 53,7; H 6,7; N 18,3), F 187°, λ_{max} 266 mμ (4,39); 2,4-DNP, $C_{15}H_{16}O_6N_4$ (trouvé %, C 52,0; H 4,7; N 15,7), F 128°, $\lambda\lambda_{max}$ 382 mμ (4,42) et 254 mμ (4,23).

D. D. Phillips et A. W. Johnson [6] avaient d'autre part obtenu le cétoacide (II) R=CH_3 en cyclisant l'anhydride méthallylsuccinique par $AlCl_3$.

Nous avons refait cette expérience et obtenu après estérification un cétoester méthylique dont la semicarbazone et la dinitro-2.4 phénylhydrazone sont identiques à celles obtenues plus haut.

(*) Tous les spectres ultraviolets ont été déterminés dans l'alcool.

(1) S. JULIA, Y. BONNET et W. SCHAEPPI, *Comptes rendus* **243**, 1956, p. 1121.

(2) Réactifs tels que l'acétophénone et l'acide cyanhydrique, J. BOUGAULT, *Ann. chim. et phys.*, 15, 1908, p. 498; l'ammoniac et diverses amines, J. BOUGAULT et P. CHABRIER, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1378; **230**, 1950, p. 212; **237**, 1953, p. 1420; M. M. FRASER et R. A. RAPHAËL, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 2245; R. DELABY, P. CHABRIER et S. DANTON, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2326; N. H. CROMWELL, P. L. CREGER et K. E. COOK, *J. Amer. Chem. Soc.*, **78**, 1956, p. 4412; le nitrométhane, E. P. KOHLER et H. ENGELBRECHT, *J. Amer. Chem. Soc.*, **41**, 1919, p. 764; G. P. RICE, *ibid.*, **45**, 1923, p. 222; les mercaptans et la thiourée, J. BOUGAULT et P. CHABRIER, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 395 et 656.

(3) G. N. WALKER, *J. Amer. Chem. Soc.*, **77**, 1955, p. 3664.

(4) G. PERRIER, *Bull. Soc. Chim.*, **7**, 1892, p. 181; M. GOMBERG et J. C. PERNERT, *J. Amer. Chem. Soc.*, **48**, 1926, p. 1380.

(5) *J. Amer. Chem. Soc.*, **78**, 1956, p. 5129.

(6) *J. Org. Chem.*, **21**, 1956, p. 587.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quinolyl-4 carbinols substitués.* Note de MM. **RAYMOND DELABY, GEORGES TSATSAS** et **XAVIER LUSINCHI**, présentée par M. Marcel Delépine.

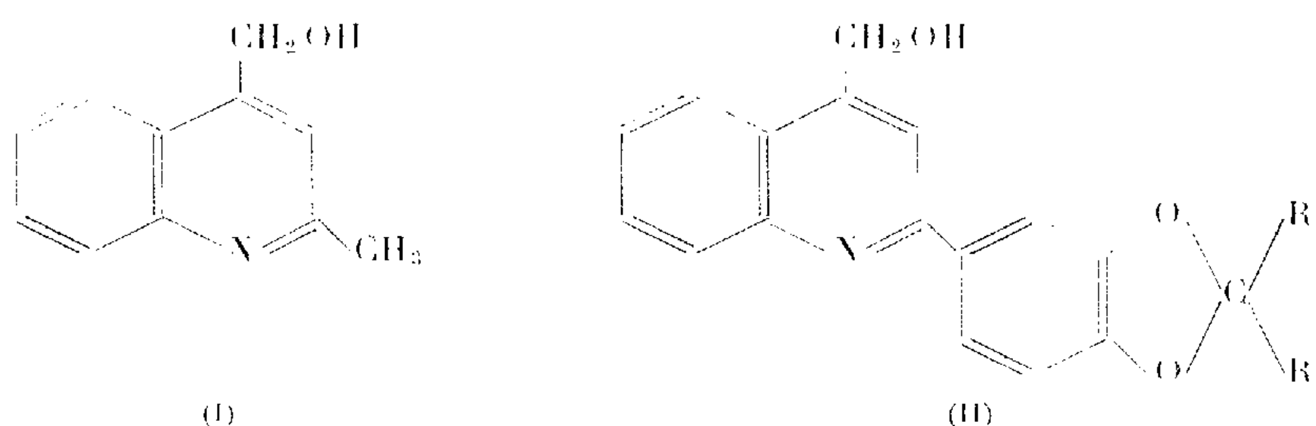
Étude de la réduction par l'hydrure de lithium et d'aluminium des esters quinoléine carboxyliques-4 méthylés ou arylés en position 2. Obtention des quinolyl-4 carbinols substitués correspondants et de quelques dérivés de ces derniers.

Peu de travaux se rapportent à l'action réductrice de l'hydrure de lithium-aluminium $LiAlH_4$ sur des dérivés de la quinoléine. Schmid et Karrer (1) ont étudié l'action de cet agent réducteur sur des ammoniums quaternaires, et ils ont obtenu des N-alcoyldihydro-1.2 quinoléines. Suivant Bohlmann (2), la quinoléine elle-même est réduite par $LiAlH_4$; il se forme un composé instable dihydrogéné qui s'oxyde rapidement en quinoléine à côté d'autres substances; à partir du produit brut de la réaction, il a isolé deux picrates supposés correspondre aux dérivés dihydrogénés-1.2 et 1.4.

En général il semble que les hétérocycles contenant une fonction ester et une autre substitution convenable ne sont pas touchés par $LiAlH_4$, seule la fonction ester étant réduite en carbinol (3). En ce qui concerne plus spécialement les esters quinoléine carboxyliques, nous n'avons relevé que les recherches de Rosenmund et Zymalkowski (4). En dehors de la réduction d'autres hétérocycles, ils ont effectué celle des esters des acides quinoléine carboxyliques-2 et -4, ces derniers substitués aussi en position -2 par un phényle (ester du cinchophène). A chaud, ces auteurs obtiennent des substances visqueuses, indis-

tillables et incristallisables, tandis qu'à basse température, la réduction conduit normalement au carbinol correspondant.

Nous rapportons ici les résultats de l'action de ce même agent réducteur sur quelques esters quinoléine carboxyliques-4 substitués en position 2, soit par un méthyle, soit par un (dialcoylméthylènedioxy-3'.4') phényle. Chaque fois nous avons obtenu les quinolyl-4 carbinols substitués correspondants (I) ou (II), à l'exclusion de dérivés hydrogénés du noyau :



La technique utilisée est la même dans tous les cas. A titre d'exemple : 15 g d'ester méthylique de l'acide (diméthylméthylènedioxy-3'.4') phényl-2 quinoléine carboxylique-4 [formule (II), $R=R'=CH_3$ et CH_2OH remplacé par $CO_2.CH_3$] sont dissous dans 200 cm³ d'éther anhydre. Cette solution est versée dans une suspension de 3 g d'hydrure de lithium-aluminium dans 250 cm³ d'éther anhydre, refroidie à —12 à —15° et agitée énergiquement. L'addition de l'ester se fait de façon que la température interne reste toujours au-dessous de —10°. A la fin, on continue encore l'agitation pendant un quart d'heure et l'on décompose avec 6 cm³ d'eau. L'alumine précipitée est essorée et lavée à l'éther. Les solutions éthérées lavées à l'eau et séchées sont évaporées à sec. Le solide obtenu est cristallisé dans le benzène et fond à 140°. Rendement 70 % de la théorie.

Dans certains cas, le produit de la réaction se présente sous forme d'une laque. Il est alors purifié, soit par chromatographie sur alumine, ce qui permet la séparation du carbinol de l'ester initial n'ayant pas réagi, soit en préparant à partir du produit brut, l'ester *p*-nitrobenzoïque qui cristallise bien.

Les esters *p*-aminobenzoïques de ces carbinols résultent de la réduction des esters *p*-nitrobenzoïques à l'aide du platine d'Adams, à température et pression ordinaires, le solvant utilisé étant, suivant la solubilité du produit, soit l'acétate d'éthyle, soit le tétrahydrofuranne.

D'autre part, nous avons réduit l'ester méthylique de l'acide phényl-2 quinoléine carboxylique-4 par le même procédé et nous avons obtenu les mêmes résultats que les auteurs précités ([4]) Rdt 78 % : *p*-nitrobenzoate F 159°, *p*-aminobenzoate F_{inst} 203-204° (acétate d'éthyle).

Structure des carbinols préparés.	Rdt. (%)	F (°C).	F (°C) du picrate (a).	F (°C) du *p*-nitrobenzoate.	F (°C) du *p*-aminobenzoate.
(I) Méthyl-2 quinolyl-4 carbinol...............	86	148	–	–	–
(II) $R{=}R'{=}CH_3$..........	70	140 (b)	193-194	188 (a), (d)	222-223 (d)
(II) $R{=}CH_3$ $R'{=}C_2H_5$....	46	Laque	178-179	200-201 (a), (e)	213 (a), (f)
(II) $R{=}R'{=}n\,C_3H_7$........	50	108-109 (a), (c)	164	146-147 (d)	154 (a), (g)
(II) $RR'C{=}C\langle{CH_2-CH_2 \atop CH_2-CH_2}\rangle CH_2$.	67 (h)	Laque	202-203	206 (a), (d)	166-167 (d)

(a) F instantanée; (b) Crist. benzène; (c) Crist. éther + éther pétrole; (d) Crist. acétate d'éthyle; (e) Crist. tétrahydrofuranne; (f) Crist. tétrahydrofuranne + éthanol; (g) Crist. éthanol; (h) Après chromatographie.

Enfin nous avons effectué deux expériences de réduction sur le cinchophène même : 1° l'acide phényl-2 cinchoninique dissous dans le tétrahydrofuranne est ajouté à une suspension de $LiAlH_4$ dans l'éther anhydre, et le mélange est chauffé à douce ébullition durant deux heures. Le produit obtenu après décomposition et traitement approprié, est une huile incristallisable; il donne néanmoins un *p*-nitrobenzoate identique à celui obtenu à partir du carbinol pur correspondant F 158-159° (Rdt 17 %); 2° à basse température, comme dans le procédé général décrit plus haut, avec la différence que le cinchophène, peu soluble dans l'éther, a été dissous dans le tétrahydrofuranne. Le produit de la réaction, visqueux, est dissous dans l'alcool absolu, puis neutralisé avec de l'acide bromhydrique à 48 %. Après addition d'éther, le bromhydrate précipite. Il est alors essoré, lavé à l'éther et décomposé par une solution d'hydroxyde de sodium à 10 % en présence d'éther. On agite jusqu'à disparition du solide, lave les solutions éthérées et évapore le solvant. Le résidu huileux, trituré avec un peu d'éther, cristallise. Il est recristallisé dans le méthanol. F 138° (identique au carbinol pur). Rdt 26 %.

En résumé, les esters des acides quinoléine carboxyliques-4 substitués en 2 sont réduits à basse température par $LiAlH_4$ en carbinols correspondants. L'acide phényl-2 quinoléine carboxylique-4 est réduit dans les mêmes conditions, mais les rendements en carbinol sont très inférieurs à celui obtenu à partir de son ester.

(1) *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 960.
(2) *Ber. der deuts. Chem. Ges.*, 85, 1952, p. 390.
(3) W. I. Taylor, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 164.
(4) *Ber. der deuts. Chem. Ges.*, 85, 1952, p. 152.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés halogénés de la nor-cantharidine et de ses esters.* Note de M. **Jean Jolivet**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'halogénation de l'adduct anhydride maléique-furanne et de ses diesters conduit à des dérivés dont les uns, traités par l'urée donnent des imides et les autres sont réductibles par les hydrures mixtes.

Dans une Note précédente [1], nous avons décrit quelques dérivés provenant de l'estérification de l'adduct anhydride maléique-furanne. L'adduct et ses esters gardent la possibilité d'additionner sur la double liaison éthylénique dans les conditions ordinaires, les halogènes, les acides hypohalogéneux et l'eau oxygénée.

Selon la méthode de K. Alder et F. K. Brackhofen [2], en présence d'acide acétique dilué, le chlore et le brome s'additionnent sur l'anhydride endoxo-3.6 tétrahydro Δ_4 phtalique, mais en même temps la fonction anhydride est hydrolysée. Nous avons pu recristalliser dans l'eau, l'*acide endoxo*-3.6 *dichloro*-4.5 *hexahydrophtalique* : $C_8H_8Cl_2O_5$, 1 H_2O ; F 181° ; Cl % : calculé 25,73 ; trouvé 25,25 ; et l'*acide endoxo*-3.6 *dibromo*-4.5 *hexahydrophtalique* : $C_8H_8Br_2O_5$, 1 H_2O; F 168° ; Br % : calculé 44,20 ; trouvé 43,10 ; dont le *diester éthylique* fond à 63°,5 ; Br % : calculé 40,00 ; trouvé 39,15 ; pour $C_{12}H_{16}Br_2O_5$.

Les mêmes phénomènes d'hydrolyse ont été observés dans l'action de l'eau oxygénée en présence d'acide formique. En suivant la technique de A. Roebock et H. Adkins [3], nous avons préparé l'*acide endoxo*-3.6 *dihydroxy*-4.5 *hexahydrophtalique :* $C_8H_{10}O_7$; F 230° ; calculé %, C 44,40 ; H 4,62 ; trouvé %, C 44,55 ; H 4,45.

Le diester méthylique de l'acide endoxo-3.6 tétrahydro Δ_4 phtalique additionne à 0° dans le chloroforme les halogènes ; les dérivés obtenus sont recristallisés dans le tétrachlorure de carbone. Le *diester-méthylique de l'acide endoxo*-3.6 *dichloro*-4.5 *hexahydrophtalique*, fond à 114° ; Cl %, calculé 24,82 ; trouvé 24,20, pour $C_{10}H_{12}Cl_2O_5$. Mais si l'on fait agir le chlore en milieu aqueux, l'acide hypochloreux s'additionne et l'on isole le *diester méthylique de l'acide endoxo*-3.6 *hydroxy*-4 *chloro*-5 *hexahydrophtalique :* $C_{10}H_{13}ClO_6$, F 184° ; Cl %, calculé 13,25 ; trouvé 12,70. Dans la préparation du *diester méthylique de l'acide endoxo*-3,6 *dibromo*-4.5 *hexahydrophtalique :* $C_{10}H_{12}Br_2O_5$, nous avons fait cristalliser deux produits isomères de structures encore indéterminées : l'un fond à 112°5 ; Br % ; calculé 43,01 ; trouvé 43,00 et l'autre fond à 205°5 ; Br % ; calculé 43,01 ; trouvé 42,60.

Les fonctions esters de ces dérivés halogénés peuvent être réduites par $LiAlH_4$, comme nous l'avons indiqué [1]. En milieu éthéré, une seule fonction ester est réduite en alcool. Nous avons alors préparé : l'*ester méthylique de l'acide méthylol*-2 *endoxo*-3.6 *dichloro*-4.5 *hexahydrobenzoïque :* $C_9H_{12}Cl_2O_4$; F 122° ;

Cl %, calculé 27,82; trouvé 27,75; et l'*ester méthylique de l'acide méthylol-2 endoxo-3.6 dibromo-4.5 hexahydrobenzoïque* : $C_9H_{12}Br_2O_4$; F 106°; Br %, calculé 46,51; trouvé 46,35.

Des travaux publiés récemment ([4]) sur la condensation des amines avec la nor-cantharidine nous obligent à indiquer quelques résultats que nous avons obtenus dans l'action de l'urée sur le même composé. L'*imide de l'acide endoxo-3.6 hexahydrophtalique* : $C_8H_9NO_3$ fond à 185°. Traité par le brome suivant la technique de Ziegler ([5]), il conduit au N-*bromo-imide* de cet acide, $C_8H_8BrNO_3$; F 195°, soluble dans le chloroforme et insoluble dans le tétrachlorure de carbone; Br %, calculé 32,52; trouvé 32,78. C'est un agent de bromation analogue au N-bromo-succinimide. L'imide traité par une solution saturée de chlorure de chaux, donne le N-*chloro-imide* : $C_8H_8ClNO_3$: F 122°,5; Cl %, calculé 17,66; trouvé 17,57.

Ces mêmes méthodes appliquées aux diacides dichlorés et dibromés que nous avons décrits plus haut, nous ont permis d'obtenir des imides analogues, dont les constantes seront publiées ultérieurement.

([1]) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 164.
([2]) *Ber. d. Chem. Ges.*, 87, 1954, p. 167.
([3]) *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1940, p. 4041.
([4]) MELNIKOV et KRAFT, *J. Gen. Chem. U.R.S.S.*, 26, 1956, p. 227.
([5]) *Ann. Chem.*, 551, 1942, p. 80.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Ionisation des acides méthyl-3 benzoïques parasubstitués.* Note de MM. **Daniel Peltier** et **Michel Kerdavid**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs mesurent les constantes d'ionisation de quelques acides méthyl-3 benzoïques, substitués en position-4 par des groupements variés; les résultats mettent en évidence l'influence stérique du groupe *m*-CH_3 sur l'effet mésomère du substituant-4.

Dans le cadre d'une étude générale sur l'interaction des substituants du noyau benzénique ([1]), ([2]), nous avons mesuré les constantes thermodynamiques d'ionisation, à 20°C, en solution hydroalcoolique à 1 % d'éthanol en volume, des acides méthyl-3 benzoïques, substitués en -4 par les groupements NO_2, Cl, Br, OH, OCH_3 et NH_2. Les mesures ont été faites par titrage électrométrique; les concentrations étaient M/1000 ou M/2000 suivant la solubilité du composé étudié. La précision des résultats est estimée à $\pm$ 0,03 unité pK.

Si l'on admet que le groupe *m*-CH_3 a un effet purement inductif, son influence sur l'ionisation du groupe carboxylique est constante. Soit $pK_t = 4,29$ le pK de l'acide *m*-toluique; soit pK_{tx} le pK de l'acide *m*-toluique

substitué en -4 par le groupe X. La différence

$$\Delta pK_X = pK_t - pK_{t,X}$$

caractérise l'action du substituant-4 sur l'ionisation du groupe CO_2H.

TABLEAU I.

	F(°C).	pK.	K.10⁵.
Acide méthyl-3 benzoïque	112	4,29	5,13
» nitro-4 méthyl-3 benzoïque	211	3,65	22,4
» chloro-4 » »	208	4,07	8,51
» bromo-4 » »	210	4,03	9,33
» hydroxy-4 » »	171	4,68	2,09
» méthoxy-4 » »	194	4,35	4,47
» amino-4 » »	169	4,81 (*)	1,55

(*) Il a été tenu compte des ions $^{+}NH_3ArCO_2H$ et $^{+}NH_3ArCO_2^{-}$; la constante K représente l'ionisation du groupe carboxylique sous l'influence du substituant NH_2 supposé invariable.

Lorsque la différence ΔpK_X est égale au σ_p de Hammett relatif au substituant X-4, l'influence de ce dernier est normale, c'est-à-dire que son action est indépendante de la présence du groupe CH_3. On voit, dans le tableau II, que ceci n'est réalisé que pour les halogènes, dont l'effet mésomère est faible, et pour le groupe OH, peu encombrant.

TABLEAU II.

	H.	NO_2.	Cl.	Br.	OH.	OCH_3.	NH_2.
σ_p	0	0,78	0,23	0,23	−0,36	−0,27	−0,66
ΔpK_X	0	0,64	0,22	0,26	−0,39	−0,06	−0,52

Pour les substituants NO_2, OCH_3 et NH_2, par contre, ΔpK_X est inférieur, en valeur absolue, au σ_p correspondant. Le groupe CH_3, en provoquant la déflexion du groupe X-4 par rapport au plan aromatique, diminue la conjugaison substituant-noyau, ce qui se traduit par une diminution de l'effet mésomère du substituant X.

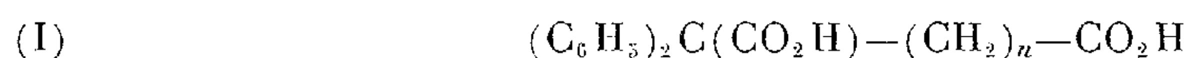
On remarque, en outre, que l'on n'observe pas d'exaltation de l'effet mésomère du substituant-4, comme c'était le cas dans la série des acides orthotoluiques parasubstitués ([2]). Le phénomène observé dans cette dernière série est donc dû, non à une simple dissymétrie de la molécule, mais à la position ortho du groupe CH_3 par rapport au groupe carboxylique.

([1]) D. PELTIER, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 57.
([2]) D. PELTIER, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1467.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les acides α.α-diphénylundécanedioïque et α.α-diphényldodécanedioïque.* Note de M. **François Salmon-Legagneur** et Mme **Cécile Neveu**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'application de la méthode générale de préparation des acides α.α-diphénylés aux bromures d'heptaméthylène et de nonaméthylène permet l'obtention avec des rendements satisfaisants des acides α.α-diphénylundécanedioïque et α.α-diphényldodécanedioïque. L'isolement de ces deux nouveaux termes confirme le phénomène de décroissance des points de fusion en fonction de la condensation en carbone.

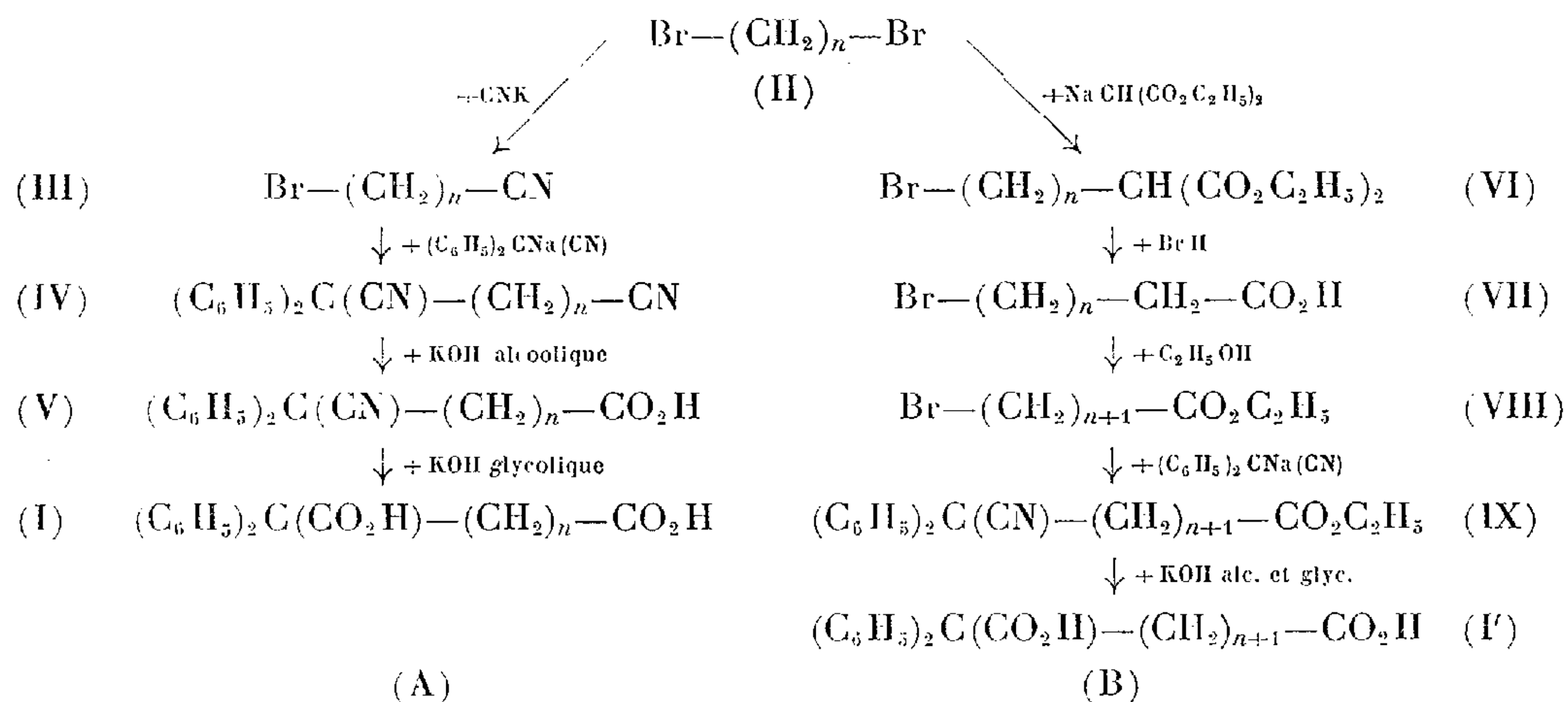
Dans cette Note nous poursuivons l'édification de la série des diacides α.α-diphénylés du type



(I) $$(C_6H_5)_2C(CO_2H)-(CH_2)_n-CO_2H$$

dans laquelle nous avons déjà isolé tous les termes depuis $n = 1$ jusqu'à $n = 7$ inclus, ainsi que tout récemment les acides α.α-diphénylbrassylique ($n = 10$) et α.α-diphényltétradécanedioïque ($n = 11$) (1). Il nous restait à obtenir pour compléter cette série les termes correspondant à $n = 8$ et 9, c'est-à-dire les acides α.α-diphénylundécanedioïque et α.α-diphényldodécanedioïque.

Nous y sommes parvenus par application de la méthode générale, au départ des halogénures de polyméthylène, que l'un de nous a donnée précédemment (2), méthode qui offre deux processus différents (A) et (B) et qui est résumée dans le schéma ci-dessous :



L'acide α.α-diphénylundécanedioïque [(I) avec $n = 8$)] a été obtenu en appliquant le processus (B) au bromure d'heptaméthylène, lui-même préparé par réduction du pimélate d'éthyle et transformation de l'heptanediol-1.7 intermédiaire en dérivé dibromé par action de BrH.

La préparation s'en est montrée aisée; toutefois nous avons eu quelque

difficulté à obtenir à l'état cristallisé l'acide nitrile correspondant à l'ester nitrile du type (IX), dont le point de fusion se situe peu au-dessus de la température ambiante.

Le rendement global pour l'obtention de ce diacide s'établit en définitive à 48 % calculé par rapport au nitrile diphénylacétique utilisé et à 25 % si l'on fait le calcul par rapport au bromure d'heptaméthylène, véritable matière première de départ; ces nombres sont légèrement supérieurs à ceux constatés dans l'isolement de l'acide $\alpha.\alpha$-diphényltétradécanedioïque par ce même processus (B) (1).

L'acide $\alpha.\alpha$-diphényldodécanedioïque [(I) avec $n=9$] a été obtenu en appliquant le processus (A) au bromure de nonaméthylène, lui-même préparé par réduction de l'azélaate d'éthyle et transformation du nonanediol-1.9 intermédiaire en dérivé bromé par action de BrH.

Aucune difficulté particulière, là non plus, ne s'est manifestée dans cette préparation; l'acide nitrile du type (V) a cristallisé beaucoup plus aisément que son homologue inférieur et le rendement en diacide s'est établi en définitive à 48 % calculé par rapport au nitrile diphénylacétique et à 29 % par rapport au bromure de nonaméthylène; ces nombres sont du même ordre que ceux constatés dans l'isolement de l'acide $\alpha.\alpha$-diphénylbrassylique à l'aide du processus (A) (1).

Les diesters diméthyliques des deux nouveaux diacides ont été également préparés; ils se présentent tous deux sous forme de liquides huileux incolores alors que les diesters diméthyliques homologues inférieurs, depuis $n=1$ jusqu'à $n=6$ inclus, sont cristallisés.

On trouvera ci-dessous les constantes des composés isolés dans chacune de ces préparations.

1° *Série $\alpha.\alpha$-diphénylundécanedioïque* (processus (B) avec $n=7$). — η-bromoheptylmalonate d'éthyle (VI), $C_{14}H_{25}O_4Br$, $É_{13}$ 140° ou $É_1$ 120° ; Acide θ-bromononanoïque ou ω-bromopélargonique (VII), $C_9H_{17}O_2Br$, F 36°; θ-bromononanoate d'éthyle (VIII), $C_{11}H_{21}O_2Br$, $É_1$ 150-153°; α-nitrile ι-éthylester (IX), $C_{25}H_{31}O_2N$, $É_{0,5}$ 227°; α-nitrile ι-acide provenant de saponification alcoolique de (IX), $C_{23}H_{27}O_2N$, F 43-44°; diacide (I'), $C_{23}H_{28}O_4$, F 113-114°; diester diméthylique correspondant $C_{25}H_{32}O_4$, $É_{0,5}$ 225-228°.

2° *Série $\alpha\alpha$-diphényldodécanedioïque* (processus (A) avec $n=9$). — Cyanure de ι-bromononyle (III), $C_{10}H_{18}NBr$, $É_{11}$ 174-178° ; dinitrile (IV), $C_{24}H_{28}N_2$, $É_{0,5}$ 260°; α-nitrile $\varkappa$-acide (V), $C_{24}H_{29}O_2N$, F 67° ; diacide (I), $C_{24}H_{30}O_4$, F 109-110°; diester diméthylique correspondant, $C_{26}H_{34}O_4$, $É_{0,5}$ 230-235°.

En remarquant les points de fusion des deux nouveaux diacides et des deux ω-acides-α-nitriles correspondants on constate que le phénomène de décroissance en fonction de la condensation en carbone continue à se manifester, comme dans le cas des sept homologues inférieurs et des deux homologues supérieurs précédemment isolés. Toutefois les points de fusion de l'acide

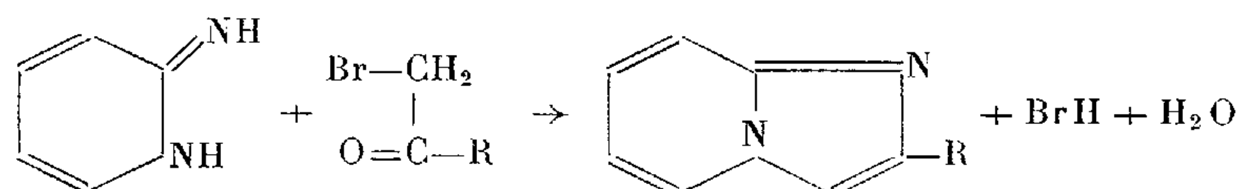
α.α-diphénylundécanedioïque et de son acide-nitrile semblent un peu trop bas par rapport aux valeurs auxquelles on pouvait s'attendre en admettant une décroissance parfaitement régulière.

(1) F. Salmon-Legagneur, Mme Neveu et A. Belot, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2647.
(2) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2320 et *Bull. Soc. Chim.*, (6), 1956, p. 411.

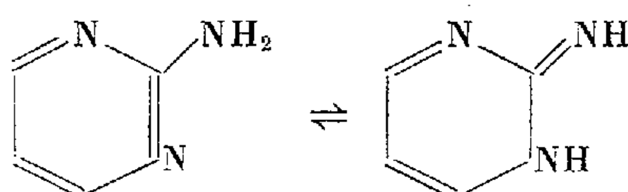
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques aza-8 pyrimidazoles.* Note de MM. N. P. **Buu-Hoï** et N. **Dat Xuong**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il est montré que l'action des cétones α-bromées sur l'amino-2 pyrimidine conduit, non à des bases de Schiff ni à des aminocétones, mais à des aza-8 pyrimidazoles substitués en position 2. Cette réaction prouve que, tout comme dans le cas de l'amino-2 pyridine, l'amino-2 pyrimidine présente le phénomène de tautomérie amino-2 pyrimidine ⇌ imino-2 dihydro-1.2 pyrimidine.

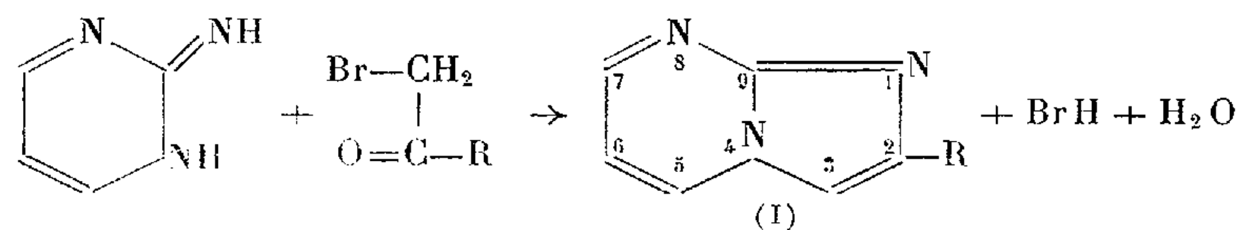
On sait, depuis les recherches de Tschitschibabine (1) que l'amino-2 pyridine présente le phénomène de tautomérie *amino-2 pyridine ⇌ imino-2 dihydro-1.2 pyridine*; il résulte de l'existence de cette tautomérie, que l'action des cétones α-bromées ne conduit ni à des bases de Schiff ordinaires, ni à des cétones α-aminées, mais à des dérivés du pyrimidazole, selon l'équation suivante :



Il était intéressant de rechercher si, dans le cas de l'amino-2 pyrimidine, il y aurait un phénomène de tautomérie analogue *amino-2 pyrimidine ⇌ imino-2 dihydro-1.2 pyrimidine* représenté par l'équation suivante :



L'expérience montre qu'il en est bien ainsi, et que l'action des cétones α-bromées conduit à des *aza-8 pyrimidazoles* de formule générale (I), par une réaction en tout point analogue à celle de Tschitschibabine :

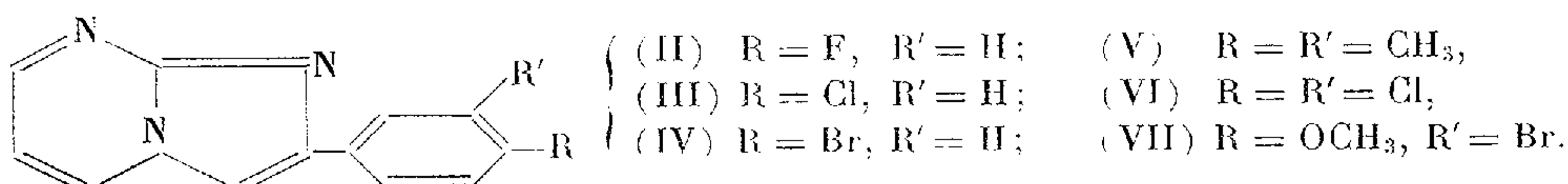


(I)

La technique utilisée pour la synthèse de ces aza-8 pyrimidazoles est fort simple, et consiste à chauffer pendant quelques heures, vers 60 à 70°, un mélange de la cétone α-bromée et de l'amino-2 pyrimidine en solution dans l'éthanol absolu, et en quantités équimoléculaires; après refroidissement, on précipite, par addition d'éther anhydre, le bromhydrate de l'aza-8 pyrimidazole formé, et ce dernier sel est traité par une solution aqueuse de carbonate de sodium afin de libérer la base, laquelle est essorée, lavée à l'eau, et recristallisée soit dans l'éthanol, soit dans un mélange d'éthanol et de benzène. Les aza-8 pyrimidazoles préparés ainsi ressemblent beaucoup, par leurs caractères physiques et chimiques, aux pyrimidazoles correspondants; au point de vue biologique, ce sont des substances qui peuvent présenter de l'intérêt en raison de leur analogie structurale avec les bases puriques. Des expériences sont en cours afin de rechercher si ces aza-8 pyrimidazoles et les pyrimidazoles eux-mêmes posséderaient une activité antagoniste vis-à-vis des purines.

Quelques exemples d'aza-8 pyrimidazoles sont donnés ci-dessous :

Phényl-2 aza-8 pyrimidazole [(I), R = C_6H_5] : cristallise de l'éthanol en aiguilles soyeuses incolores, F 202° ($C_{12}H_9N_3$, calculé %, C 73,8 et H 4,6; trouvé %, C 73,5 et H 4,4); préparé à partir de l'ω-bromoacétophénone.



(II) R = F, R' = H; (III) R = Cl, R' = H; (IV) R = Br, R' = H; (V) R = R' = CH_3, (VI) R = R' = Cl, (VII) R = OCH_3, R' = Br.

p-Fluorophényl-2 aza-8 pyrimidazole (II) : cristallise de l'éthanol en aiguilles soyeuses incolores, F 238° ($C_{12}H_8N_3F$, calculé %, N 19,7; trouvé %, N 19,5); préparé à partir de la *p*-fluoroacétophénone ω-bromée.

p-Chlorophényl-2 aza-8 pyrimidazole (III) : cristallise dans un mélange d'éthanol et de benzène sous forme d'aiguilles soyeuses faiblement jaunâtres, F 274° ($C_{12}H_8N_3Cl$, calculé %, C 62,7, H 3,5 et N 18,3; trouvé %, C 62,3, H 3,5 et N 18,0); préparé à partir de la *p*-chloroacétophénone ω-bromée.

p-Bromophényl-2 aza-8 pyrimidazole (IV) : aiguilles soyeuses faiblement jaunâtres (de l'éthanol + benzène), F 279° ($C_{12}H_8N_3Br$, calculé %, C 52,5, H 2,9 et N 15,3; trouvé %, C 52,8, H 3,2 et N 15,3); préparé à partir de la *p*-bromacétophénone ω-bromée.

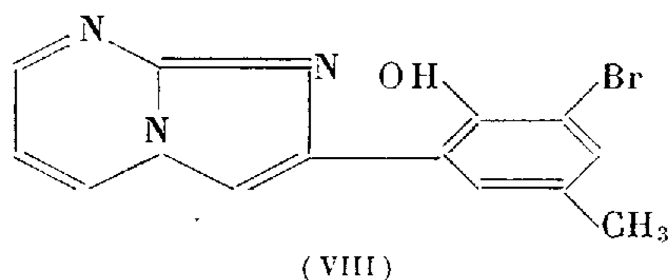
(Diméthyl-3.4 phényl)-2 aza-8 pyrimidazole (V) : aiguilles incolores (de l'éthanol), F 181° ($C_{14}H_{13}N_3$, calculé %, N 18,8; trouvé %, N 18,5); préparé à partir de la diméthyl-3.4 acétophénone ω-bromée.

(Dichloro-3.4 phényl)-2 aza-8 pyrimidazole (VI) : aiguilles soyeuses faiblement jaunâtres (du benzène), F 285° ($C_{12}H_7N_3Cl_2$, calculé %, N 16,3; trouvé %, N 16,2); préparé à partir de la dichloro-3.4 acétophénone ω-bromée.

(Bromo-3 méthoxy-4 phényl)-2 aza-8 pyrimidazole (VII) : aiguilles soyeuses faiblement jaunâtres (du méthanol), F 232° ($C_{13}H_{10}ON_3Br$, calculé %, N 13,8; trouvé %, N 13,5); préparé à partir de la bromo-3 méthoxy-4 acétophénone ω-bromée.

(Bromo-3 hydroxy-2 méthyl-5 phényl)-2 aza-8 pyrimidazole (VIII) : préparé à partir de la bromo-3 hydroxy-2 méthyl-5 acétophénone ω-bromée, cristallise de l'éthanol + benzène

en aiguilles soyeuses jaunâtres, F 264° ($C_{15}H_{10}ON_3Br$, calculé %, C 51,3, H 3,3 et N 13,8; trouvé %, C 51,0, H 3,6 et N 13,8).



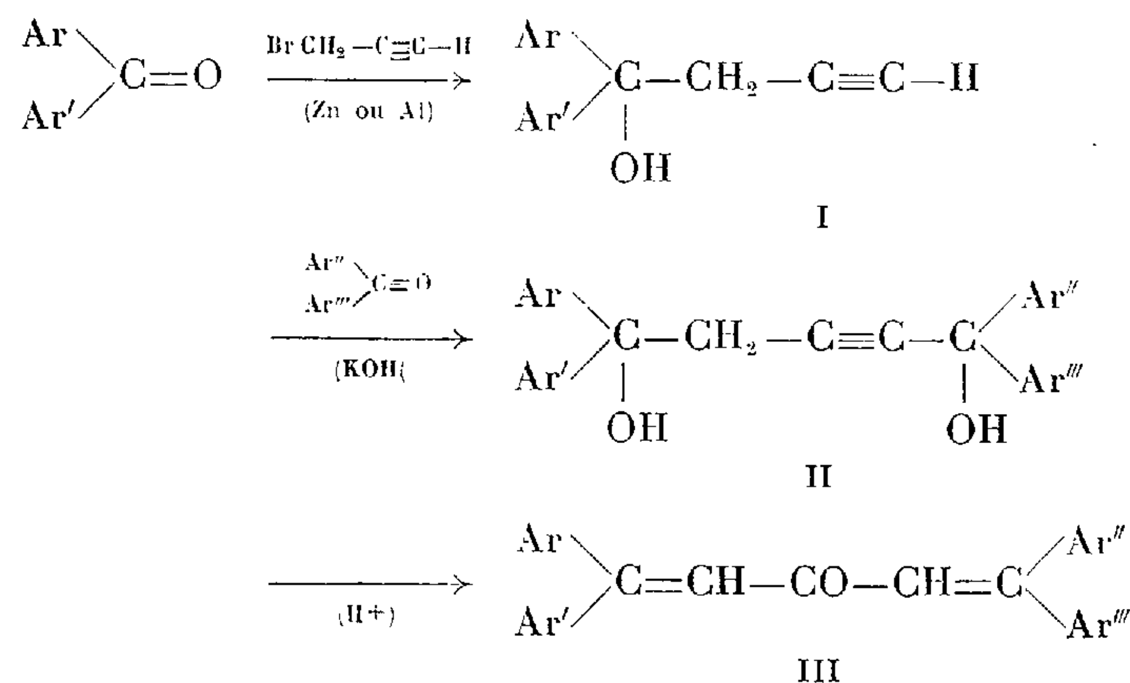
(VIII)

([1]) A. E. Tschitschibabine, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 1704; 59, 1926, p, 2048; A. E. Tschitschibabine et M. Plaschenkowa, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 2842; N. P. Buu-Hoï et N. Hoán, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 68, 1949, p. 441; N. P. Buu-Hoï, N. D. Xuong, P. Jacquignon et D. Lavit, *J. org. Chem.*, 19, 1954, p. 1370.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de préparation de cétones diéthyléniques : tétra-aryl-*1.1.5.5 *pentadiène-*1.4 *ones-*3. Note de MM. **Wladyslaw Chodkiewicz** et **Paul Cadiot**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les tétra-aryl-1.1.5.5 pentadiène-1.4 ones-3 peuvent être facilement obtenues par déshydratation et isomérisation de glycols acétyléniques (tétra-aryl-1.1.5.5 pentyne-2 diols-1.5) sous l'influence de l'acide sulfurique dans le mélange dioxanne-tétrahydrofuranne. Cette étude a nécessité la mise au point de la préparation des glycols précédents et de diaryl-1.1 butyne-3 ols-1 comme produits intermédiaires.

Dans une récente Communication ([1]), nous avons décrit une méthode d'obtention de tétra-aryl-1.1.5.5 pentadiène-1.4 ones-3.III. Ces cétones peuvent être obtenues aisément et d'une manière plus générale par la succession des réactions schématisées ci-dessous :



1. Les alcools β-acétyléniques du type I peuvent être préparés par condensation du bromure de propargyle sur les cétones aromatiques en présence de zinc (réaction de Reformatzky) : cette réaction a été princi-

palement utilisée en série aliphatique ou arylaliphatique ([2]), ([3]). Récemment M. Gaudemar ([4]) a proposé de modifier avantageusement cette réaction par l'emploi de composés organoaluminiques à la place de composés organozinciques de l'halogénure mis en œuvre. Enfin, on a signalé l'obtention de ces mêmes alcools β-acétyléniques I par réaction de l'acétylure de sodium sur des oxydes d'éthylène appropriés dans l'ammoniac liquide ([5]). En adoptant la technique proposée par Gaudemar, nous avons préparé avec des rendements de l'ordre de 80 % le diphényl-1.1 butyne-3 ol-1 (F 64°) ([6]) et le biphénylène-1.1 butyne-3 ol-1 (F 103°).

2. Divers glycols acétyléniques du type II ont déjà été préparés. Certains ont été obtenus comme produits secondaires dans la réaction de Reformatzky ([3]); d'autres par condensation du dimagnésien du bromure de propargyle sur des composés carbonylés ([4]) ou par condensation du butyne-3 ol-1 sur le formaldéhyde ([7]). On a aussi employé l'éthynylation de cétones aromatiques par le butyne-3 ol-1 ([8]). Comme aucun glycol tétra-arylés ne semblait avoir été décrit, nous en avons préparé un certain nombre par condensation des alcools β-acétyléniques I précédents sur des cétones aromatiques. Cette réaction d'éthynylation s'effectue dans le tétrahydrofuranne en présence d'un excès de potasse (8 moles par mole de réactif) à la température ambiante (bain d'eau) pendant un temps variable de 15 à 120 mn suivant la réactivité des produits mis en œuvre. Les glycols acétyléniques II obtenus (*voir* tableau) sont, en général, des solides qu'on a pu faire cristalliser dans un mélange tétrachlorure de carbone-cyclohexane. Ils fournissent sous l'action de l'acide sulfurique des phénomènes d'halochromie variant du vert au bleu (avec destruction).

					Glycols acétyléniques II.		Cétones diéthyléniques III.	
Ar.	Ar'.	Ar''.	Ar'''.	t_m.	Rdt (%).	F_{inst} (°C).	Rdt (%).	F_{inst} (°C).
C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_5—	15	96	120	98	154
C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_4—C_6H_4 \\/		15	93	122	79	174
C_6H_5—	C_6H_5—	C_6H_5—	$p.BrC_6H_4$—	15	Non cris	t.	97 (*)	150
C_6H_5—	C_6H_5—	$p.BrC_6H_4$—	$p.BrC_6H_4$—	15	93	122	95	160
C_6H_5—	C_6H_5—	$p.CH_3O.C_6H_4$—	$p.CH_3OC_6H_4$—	30	Non cris	t.	17 (*)	144
C_6H_4——C_6H_4 \\/		C_6H_5—	C_6H_5—	120	97	164	96	174
C_6H_4— C_6H_4 \\/		C_6H_4—C_6H_4 \\/		120	Non cris	t.	65 (*)	242
C_6H_4— C_6H_4 \\/		C_6H_5—	$\beta.C_{10}H_7$—	120	Non cris	t.	75 (*)	115

(*) Transposition directe du glycol non cristallisé : le rendement a été calculé à partir de l'alcool I.

3. La transformation des glycols acétyléniques II en cétones éthyléniques III résulte sans doute d'une double réaction : une déshydratation mettant en jeu l'hydroxyle en position β (par rapport à la fonction acétylène) et un réarrangement du type Meyer et Schuster (9), (10), (11) de l'hydroxyle en position α. Elle s'effectue dans différents solvants (méthanol, éther, dioxanne, tétrahydrofuranne, acide acétique) en présence de petites quantités d'acide sulfurique à température ordinaire ou par un léger chauffage. Le choix du solvant n'est pas indifférent : certains, comme l'acide acétique, aboutissent à une résinification partielle. Finalement nous avons adopté un mélange dioxanne-tétrahydrofuranne (10 : 1) contenant 10 % d'acide sulfurique concentré dans lequel on dissout le glycol II (0,5 mole/l); après 12 h de contact à la température ordinaire, le mélange est repris par l'éthanol dilué et la cétone diéthylénique III formée qui cristalline spontanément est purifiée soit dans un mélange tétrachlorure de carbone-cyclohexane, soit dans un mélange chloroforme-cyclohexane.

Cette méthode, qui nous a permis de préparer les cétones diéthyléniques III rassemblées dans le tableau ci-dessus, s'est montrée plus générale que celle que nous avions antérieurement proposée (1) : elle s'effectue sans formation de produits secondaires et généralement avec d'excellents rendements.

(1) W. Chodkiewicz et P. Cadiot, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1890.

(2) H. B. Henbest, E. R. Jones et I. M. S. Walls, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2696.

(3) K. Zeile et H. Meyer, *Ber. der Gessels*, 75, 1942, p. 356.

(4) M. Gaudemar, *Ann. Chim.*, 13e série, 1956, p. 161.

(5) O. R. Kreimer, *U. S. P.*, no 2.106.182, 1938.

(6) Cet alcool acétylénique a déjà été obtenu avec un faible rendement (35 %) à l'état surfondu (2).

(7) O. Heuberger et L. Owen, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 910.

(8) N. Robert, W. Chodkiewicz et P. Cadiot, *Bull. Soc. Chim.* (en cours d'impression).

(9) K. Meyer et K. Schuster, *Ber. d. chem. Ges.*, 55, 1923, p. 819.

(10) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Mackall, *Bull. Soc. Chim.*, 33, 1923, p. 934.

(11) A. Willemart, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1172.

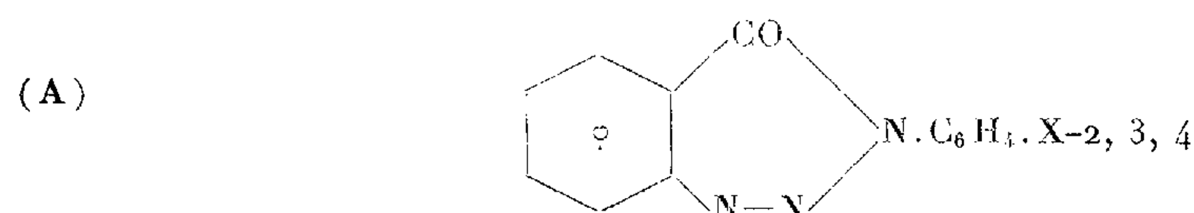
CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur la préparation et l'absorption dans l'ultraviolet moyen de quelques* 1-*oxo*-2-*aryl-dihydro*-(1, 2)-*phénotriazines*. Note de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'absorption des phénothiazones 2-arylées se rapproche beaucoup plus des absorptions des arylamines benzoylées et des sels de diazonium des 2-aminobenzanilides correspondants que de l'absorption des triazènes correspondants.

Poursuivant les recherches chimiques et spectrales sur des composés hétérocycliques polyazotés (1) j'ai été amené à étudier l'absorption dans l'ultraviolet

moyen de quelques phénotriazones N-arylées [ou 1-oxo-2-aryl-dihydro-(1, 2)-phénotriazines] du type A.

(A)



(où X = H, CH_3, C_6H_5, Cl, CH_3O, $CH_3.CO.NH$, NO_2).

Les phénotriazones données dans le tableau suivant ont été préparées par chauffage des solutions dans l'alcool dilué des triazènes de la forme



(B) $2\text{-}CH_3O.OC.C_6H_4.N{:}N.NH.C_6H_4X$ (2) (Rdt quantitatif)

ainsi que par cyclisation des sels de diazonium des arylamines 2-amino-benzoylées, $2\text{-}Ac.N_2.C_4H_6.CO.NH.C_6H_4.X$ (3) (C).

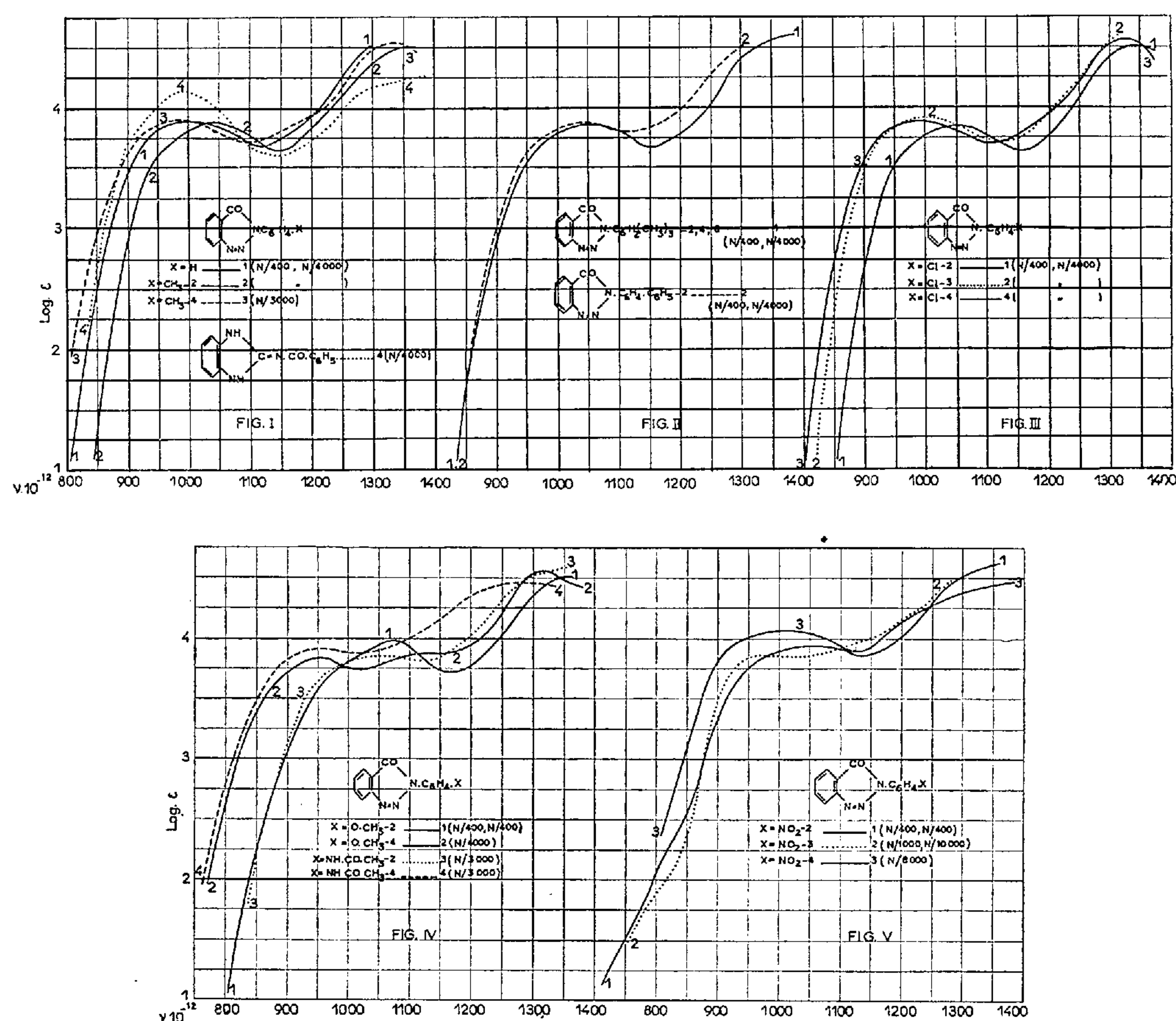
X.	Point de fusion (°C).	Formule.	C % Calc.	C % Tr.	H % Calc.	H % Tr.	O % Calc.	O % Tr.	N % Calc.	N % Tr.	N° des fig. (*)
H (2)	151	$C_{13}H_9ON_3$	69,95	70,11	4,03	4,22	7,17	7,49	18,83	18,79	I, 1
CH_3-2 (2)	167	–		–	–	–			–	–	I, 2
CH_3-4 (2)	143	–		–	–	–	–				I, 3
C_6H_5-2	183	$C_{19}H_{13}ON_3$	76,25	76,24	4,34	4,48	5,35	5,60	14,04	14	II, 2
Cl-2	122	$C_{13}H_8ON_3Cl$	60,66	60,38	3,10	3,14	6,21	6,41	16,31	16,22	III, 1
Cl-3	144	$C_{13}H_8ON_3Cl$	60,66	60,34	3,10	3,30	6,21	6,44	16,31	16,07	III, 2
Cl-4	186	$C_{13}H_8ON_3Cl$	60,66	60,61	3,10	3,22	6,21	6,38	16,31	16,35	III, 3
CH_3O-2	153	$C_{14}H_{11}O_2N_3$	66,40	66,54	4,34	4,33	12,64	12,85	16,60	16,58	IV, 1
CH_3O-4	157	$C_{14}H_{11}O_2N_3$	66,40	66,15	4,34	4,40	12,64	12,85	16,60	16,82	IV, 2
$CH_3.CO.NH$-2	246	$C_{15}H_{12}O_2N_4$	64,29	64,38	4,29	4,39	11,42	11,31	20	20,08	IV, 3
$CH_3.CO.NH$-4	242	$C_{15}H_{12}O_2N_4$	64,29	64,17	4,29	4,34	11,42	11,60	20	19,95	IV, 4
NO_2-2	184	$C_{13}H_8O_3N_4$	58,20	58,05	2,98	2,76	17,91	18,14	20,89	20,92	V, 1
NO_2-3 (2)	243	$C_{13}H_8O_3N_4$	58,20	58,19	2,98	3,08	17,91	18,05	20,89	20,73	V, 2
NO_2-4 (2)	lent 252 (déc.) inst. 275	$C_{13}H_8O_3N_4$	58,20	58,40	2,98	3,12			20,89	21,03	V, 3
1-oxo-2 mésityl-dihydro-(1, 2)-phénotriazine	142	$C_{16}H_{15}ON_3$	72,45	72,62	5,66	5,79	6,04	6,16	15,84	15,85	II, 1

(*) Les chiffres romains et arabes indiquent respectivement le numéro des figures et des courbes.

Les phénotriazones précédentes, cristallisées dans l'alcool ou dans l'alcool dilué, sont incolores, excepté les phénotriazones nitrées (jaunes ou jaunâtres).

Les courbes d'absorption (4) de ces phénotriazones ont sensiblement la même forme; celle-ci se rapproche plutôt des formes des courbes des arylamines N-benzoylées (5), $X.C_6H_4.NH.CO.C_6H_5$ (C') et des sels de diazonium correspondants (C) (5) que de la forme des courbes des triazènes correspondants (6).

La courbe de l'1-oxo-2-phényl-dihydro-(1,2)-phénotriazine, constituée de deux bandes principales A et B d'intensités croissantes, est semblable à celle de la N-benzoyl-*o*-phénylèneguanidine ([7]); les fréquences des maxima des bandes A de ces deux substances sont assez voisines (*fig.* 1).



L'introduction des différents groupements (CH_3, C_6H_5, Cl, CH_3O, $CH_3.CO.NH$, NO_2) dans le C_6H_5 de l'1-oxo-2-phényl-dihydro-(1,2)-phénotriazine en position 2 se traduit par un effet hypsochrome fort (effet spectral ortho anomal), en 3 par un effet négligeable et en 4 par un effet bathochrome, en général, faible ([8]), en accord avec les effets spectraux des mêmes substitutions effectuées sur le $C_6H_5.NH$ de la benzanilide. Il est à noter que les absorptions des bandes A des composés isomères 2, 3 et 4, désignées respectivement par (2), (3) et (4), satisfont la relation (3)-(2) $\gg$ (3)-(4) ([9]), excepté toutefois les absorptions des isomères 2, 3 et 4 méthoxylés et acétaminés.

Les principales relations qualitatives entre les effets spectraux des substituants étudiés sont, dans une certaine mesure, analogues à celles constatées dans le

cas de la benzanilide, excepté toutefois les relations concernant les effets de nitration. Les différences spectrales entre les dérivés nitrés isomères 2, 3 et 4 sont plus faibles que celles constatées entre les nitranilines N-benzoylées isomères ([5]), en accord avec ce qu'on observe, très souvent, pour les chromophores fortement conjugués.

Bref, l'absorption des phénotriazones 2-arylées ([10]) (A) se rapproche beaucoup plus des absorptions des arylamines benzoylées (C′) et des sels de diazonium des 2-amino-benzanilides correspondants (C) que de l'absorption des triazènes correspondants (B). Je poursuis des recherches en vue de préciser le domaine de validité de ces relations.

([1]) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1049.

([2]) Meiner, *J. Prakt. Chem.*, (2), 63, 1901, p. 267.

([3]) Pictet-Gonset, *Ch. Zent. bl.*, 1, 1897, p. 413.

([4]) Les déterminations spectrales des substances étudiées ont été effectuées sur leurs solutions dans l'alcool à 95 % et aux concentrations indiquées sur les figures.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 220-534 et recherches inédites.

([6]) *Bull. Soc. Chim.*, (sous presse).

([7]) La structure de cette substance préparée suivant Pierron (*Comptes rendus*, 151, 1910, p. 1364) doit être admise avec quelques réserves.

([8]) Sauf pour la méthoxylation et l'acétamination.

([9]) Effet spectral ortho anomal fort.

([10]) L'interprétation des spectres d'absorption des composés étudiés fera l'objet d'un mémoire ultérieur.

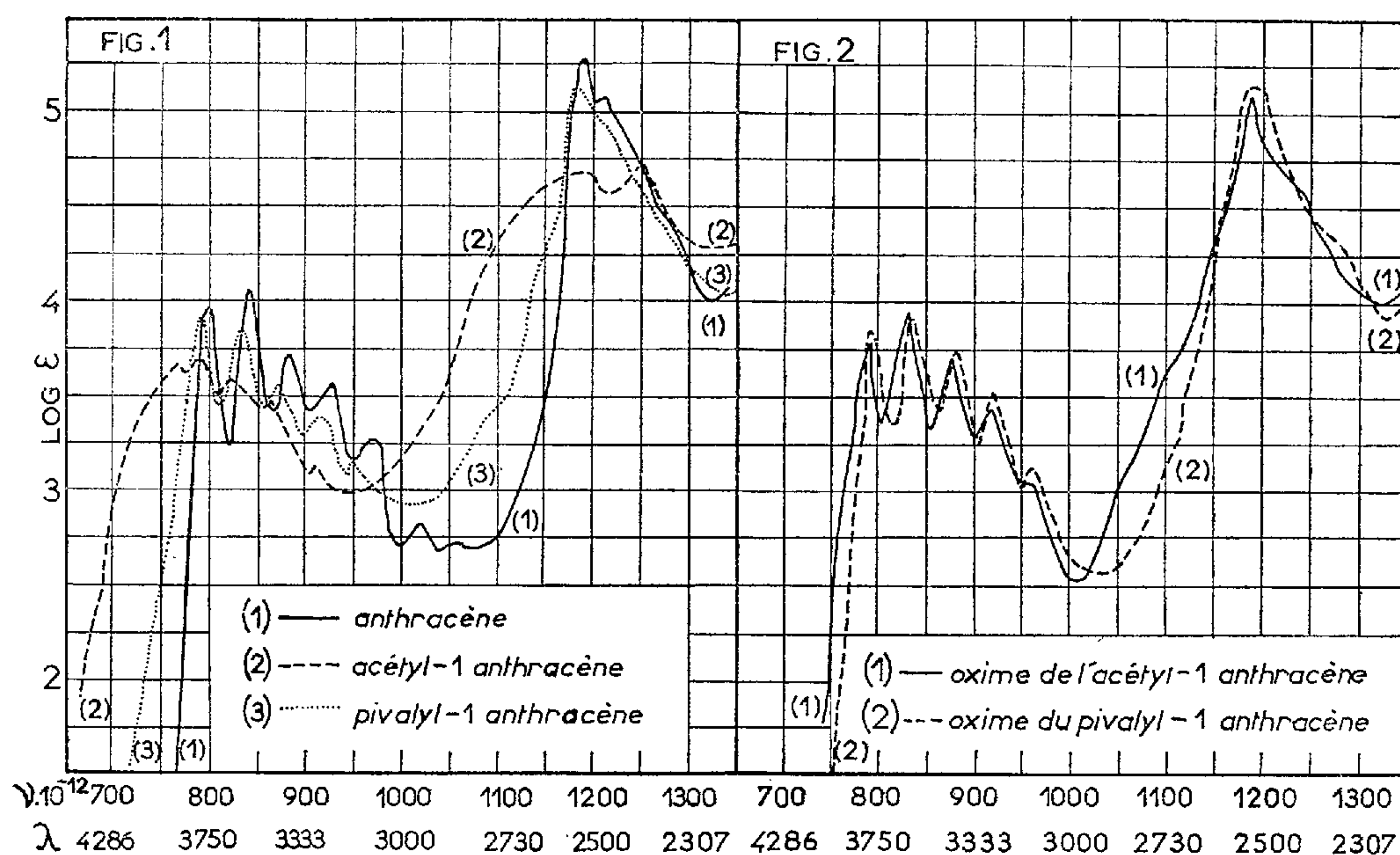
CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches spectrographiques dans le groupe de l'anthracène. III. Absorption des acyl-1 anthracènes et de leurs dérivés azotés.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'effet stérique produit par les radicaux arborescents sur l'absorption des cétones et de leurs dérivés azotés a révélé une étroite analogie entre les composés 1-anthracéniques et α-naphtaléniques. On peut conclure que le carbone 1 de l'anthracène et le carbone α du naphtalène ont le même état électronique.

L'étude spectrographique des acyl-2 anthracènes et de leurs dérivés azotés (oximes, semicarbazones, phénylhydrazones, etc.) ([1]) avait permis de constater un parallélisme complet entre le comportement de ces substances et celui des composés benzéniques correspondants, spécialement en ce qui concerne l'effet stérique des radicaux ramifiés. Tous les acyl-2 anthracènes, ainsi que les acylbenzènes n'ayant pas de substituant en position *ortho*, sont du type « absorbant » et cela indépendamment de la structure du radical acyle. Par contre, l'absorption des dérivés azotés de ces cétones est influencée par le degré de ramification du résidu alcoyle qui se trouve au voisinage immédiat du groupement fonctionnel. C'est ainsi

que les oximes et les semicarbazones de l'acétyl-2 anthracène ou de l'acétophénone sont encore « absorbantes » tandis que celles du pivalyl-2 anthracène ou de la triméthylacétophénone sont « transparentes ». La présence d'un alcoyle ramifié à côté d'une fonction azométhinique produit une suppression du « couplage » entre cette fonction et le noyau.

Nous avons étendu ces recherches à la série des anthracènes substitués en 1. Comme il était à prévoir, le comportement des acyl-1 anthracènes et de leurs dérivés azotés diffère à la fois de celui des isomères 2 et de celui des isomères 9.



L'introduction d'un radical acyle non ramifié, tel que l'acétyle ou le propionyle, sur le carbone 1 de l'anthracène produit un effet de conjugaison normal. Par suite de l'interaction ou « couplage » qui s'établit entre la fonction cétonique et le noyau, le spectre de l'anthracène est considérablement modifié; on note un déplacement de l'ensemble de l'absorption vers les plus grandes longueurs d'onde, une diminution générale de l'intensité et une résolution partielle de la structure fine dans la région des plus basses fréquences (cf. *fig.* 1, courbes 1 et 2). Par contre, lorsque le reste alcoyle qui se trouve au voisinage de la fonction cétonique est fortement ramifié — un ter-butyle, par exemple — le « couplage » entre cette fonction et le noyau devient sensiblement nul. Ainsi le spectre du pivalyl-1 anthracène (*fig.* 1, courbe 3) est très proche de celui de l'hydrocarbure et diffère considérablement de celui de son homologue, l'acétyl-1 anthracène.

En ce qui concerne les dérivés azométhiniques des acyl-1 anthracènes,

ils appartiennent tous à la série « transparente ». Nous avons reproduit ici, à titre d'exemple, les courbes d'absorption des oximes de l'acétyl-1 et du pivalyl-1 anthracène (*fig.* 2, courbes 1 et 2). On voit que ces courbes diffèrent peu l'une de l'autre — les écarts étant de l'ordre de ceux qu'on observe en général entre deux homologues — et qu'elles sont très proches de celle de l'anthracène lui-même ([2]).

Par conséquent, la tendance des chromophores à reprendre leur individualité ou, en d'autres termes, l'aptitude des molécules à affecter la forme « transparente » est plus marquée pour les anthracènes-1 substitués que pour les isomères 2. En ce qui concerne les premiers, le « couplage » entre le noyau et le groupement fonctionnel est supprimé dans les alcoyl-anthracyl-cétones à radical alcoyle tertiaire et dans tous les dérivés azométhiniques, indépendamment du degré de ramification de l'alcoyle, tandis que pour les seconds le « découplage » nécessite à la fois l'introduction d'un radical arborescent et la transformation de la fonction cétonique en fonction azométhinique. On peut conclure que l'état électronique du carbone 1 de l'anthracène diffère de celui du carbone 2.

L'effet stérique des altérations fonctionnelles et des radicaux arborescents sur l'absorption des acyl-1 anthracènes est tout à fait comparable à celui que P. Ramart-Lucas ([3]) avait observé dans le cas des combinaisons α-naphtaléniques. Les particularités du carbone 1 de l'anthracène, de même que celles du carbone α du naphtalène, tiennent, sans doute, à leur position au voisinage immédiat d'un chaînon quaternaire commun à deux cycles, voisinage qui exerce une action semblable à l'*ortho*-substitution dans la série benzénique.

([1]) M. Martynoff, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2425.

([2]) Toutes ces mesures, de même que celles publiées dans les Notes I et II, ont été effectuées en solution alcoolique.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 17, [5], 1950, p. 259 et 19, [5], 1952, p. 422.

MINÉRALOGIE. — *Note sur un traitement des complexes pulvérulents (et notamment des schlamms) en vue de la séparation de leurs constituants.* Note de M. **Robert Fouquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Tout ce qui suit concerne les matériaux pulvérulents complexes, d'un calibre normal inférieur à 12 mm, demeurant dans les exploitations houillères à la suite des traitements classiques (criblage, lavage) du produit brut de l'extraction : les schlamms. Mais, au moins dans certains cas, cela peut s'appliquer à beaucoup d'autres matériaux pulvérulents complexes, à condition qu'ils soient chimiquement inaltérables par l'eau.

Un schlamm est ainsi constitué par des particules de charbon pur, densité : 1,35 ; de schistes, $d = 1,65$; de quartz, $d = 2,65$; de barrés et grès, $d = 2,70$; de pyrite, $d = 5,25$ et d'argile, $d = 2,00$ à $2,90$. Ces particules, observées au microscope à grand grossissement, ont des calibres variant de 0,9 μ (pour l'argile spécialement) à 15 mm. Leurs formes sont quelconques, mais se rapprochent toujours, plus ou moins, d'une forme polyédrique régulière.

Sauf l'argile qui, du fait de son aptitude à l'adsorption, « gonfle » dans l'eau, aucun de ces minéraux n'est altéré par l'eau.

Les teneurs de chacun de ces éléments varient sensiblement, d'un schlamm à un autre, même d'une même exploitation (tout spécialement dans les gisements tourmentés géologiquement). Généralement, un schlamm est caractérisé par sa teneur en cendres. Et celle-ci pour un schlamm donné est très différente suivant ses tranches granulométriques. A titre d'exemple voici les teneurs en cendres d'un schlamm de l'Escarpelle :

Grosseur (μ)	43.	43-74.	74-149.	149-299.	299-590.	590-1190.
Teneur en cendres pour	48,78	9,10	6,35	7,15	18,60	46,25
une masse (%)	85,30	7,80	5,40	1,20	0,20	0,10

Les teneurs en matières solides d'un schlamm, varient aussi dans de larges proportions, qui dépendent, en particulier, de la durée de sédimentation subie par ce schlamm. Ainsi on trouve en produits secs, de 10 à 300 g/l.

Une longue expérimentation a conduit à considérer séparément, parmi les constituants d'un schlamm, les argiles et les autres éléments.

A. L'argile en grains de grosseur au plus égale à 1 μ est apte à adsorber de l'eau. De ce fait, son poids spécifique diminue, son diamètre s'accroît. L'adsorption est une fonction complexe des constantes capillaires du bain où elle est immergée et en particulier de la tension superficielle.

La formule simple de Stockes donne expérimentalement la vitesse de chute en fonction de la densité, du rayon de la particule et de la viscosité η du bain

$$V = \frac{2}{9} \frac{d-1}{\eta} g^2.$$

— On ne modifie pas la viscosité en modifiant très légèrement la tension superficielle du bain (addition de rhodamine pure au taux de 1 millionième du poids du bain).

— Dans de l'eau pure, sur un parcours vertical bien déterminé, on peut mesurer le temps d'une sédimentation totale, d'où l'on déduit V_1. Dans l'eau rhodaminée, en opérant de même on obtient une autre vitesse V_2. Si r_1 et r_2 sont les rayons des particules argileuses du bain on déduit immédiatement :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2},$$

on a donc le rapport des rayons des plus petites particules argileuses.

De multiples observations, faites sur des matériaux différents — kaolin de Bretagne, diatomites argileuses du Cantal, schlamms de l'Escarpelle, de Decazeville, de Cransac, etc. montrent que ce rapport varie — et voici quelques chiffres expérimentaux de $(r_1/r_2) = 1{,}224$, $1{,}102$, $1{,}176$, $1{,}620$.

On conçoit ainsi, que dans un bain d'eau, très légèrement rhodaminé, la sédimentation de l'argile des schlamms exige une durée notablement accrue et qu'en conséquence il sera possible de se débarrasser d'une grande proportion de l'argile du schlamm, rendue ainsi plus « flottable ».

B. Autres « impuretés ». La même loi de Stockes, montre que deux particules différentes tomberont avec la même vitesse, si

$$V_1 = V_2 \qquad \text{ou} \qquad \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{d_2 - 1}{d_1 - 1},$$

d'où

$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{d_1 - 1}{d_2 - 1}} \qquad \text{(la formule classique d'équivalence de Stockes).}$$

— Ces deux conclusions établies, il est possible de se représenter ce qui adviendra si l'on fait circuler avec une vitesse horizontale un bain rhodaminé de schlamm dans un caisson parallélépipédique allongé.

a. L'argile « flottabilisée » sera entraînée vers la sortie en très grande quantité ;

b. en chaque point du fond horizontal du caisson, les particules solides se rassembleront suivant leur « équivalence » au sens de Stockes, les moins denses plus grosses avec les plus denses moins grosses, strictement en théorie, et avec une bonne approximation en pratique, en tenant compte de « l'entraînement » capillaire des particules voisines.

On aura ainsi, sur le fond horizontal, une distribution continue de particules équivalentes, et de plus en plus fines vers l'aval. En fait, la continuité de ce dépôt hétérogène ne serait absolue que si le « calibre » de chacune des particules variait de façon continue. Ce n'est pas le cas, comme le montre abondamment l'analyse granulométrique de l'Escarpelle (avec beaucoup d'autres) et, comme l'exigent les différences de fragilité des corps constituant le schlamm. L'expérience multipliée montre, qu'effectivement, le dépôt n'est pas mathématiquement continu d'un bout à l'autre du parcours du caisson, mais, pratiquement, préférentiel sur des distances variables et non très petites, en raison des différences assez grandes des poids spécifiques des constituants.

Des départs, au-dessous du fond du caisson, en des points judicieusement choisis, amèneront donc à l'extérieur, des flux de particules grossièrement classés par calibre équivalent sur toute la zone soumise au « soutirage ».

Dès lors, un tamis à ouverture de maille convenablement choisie, permettra l'isolement des particules les plus grosses, les plus fines traversant le tamis.

Cela exposé, on conçoit que l'on puisse, dans un appareil bien adapté au

schlamm traité, récupérer à peu près tout le charbon (le plus léger des corps en présence) contenu dans le schlamm.

L'expérience a été faite abondamment sur un prototype, construit aux Houillères du Bassin d'Aquitaine et installé près du lavoir du puits I de Cransac, dans l'Aveyron, et, sous réserve de mises au point des vitesses de circulation horizontale, des calibres des tamis, et des circuits de rinçage, a donné des résultats industriellement satisfaisants.

GÉOGRAPHIE. — *Photographies stratosphériques obtenues au cours d'expériences sur le rayonnement cosmique.* Note de M. **Jean Heidmann**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Au cours de séries d'expériences de détection du rayonnement cosmique à grande altitude, poursuivies au laboratoire de l'École Polytechnique, par le moyen de trains de ballons sonde plafonnant aux environs de 30 km, nous avons été amenés à prendre des photographies de la Terre pour préciser certaines conditions expérimentales.

Au cours du vol du 7 novembre, nous avons utilisé dans ce but un appareillage consistant en un Foca Standard avec objectif Oplar de 50 mm, entraîné et déclenché par un moteur à poids prenant 36 vues à la cadence d'une vue toutes les 6 s. La mise en marche du moteur était assurée par une minuterie, réglée pour fonctionner 120 mn après le départ. L'ensemble, contenu dans une boîte d'ébonite-mousse de 30 mm d'épaisseur, pesait 5,100 kg.

Le vol s'est effectué grâce à un train de sept ballons en caoutchouc Darex J-8-800 gonflés à 2 kg. La montée se fait à environ 300 m/mn; après éclatement de ballons en altitude l'appareillage est redescendu avec deux ballons. Départ de Paris à 9 h 35 mn T. U.; atterrissage à Andrezel (Seine-et-Marne) entre 13 h et 14 h 30 mn T. U.

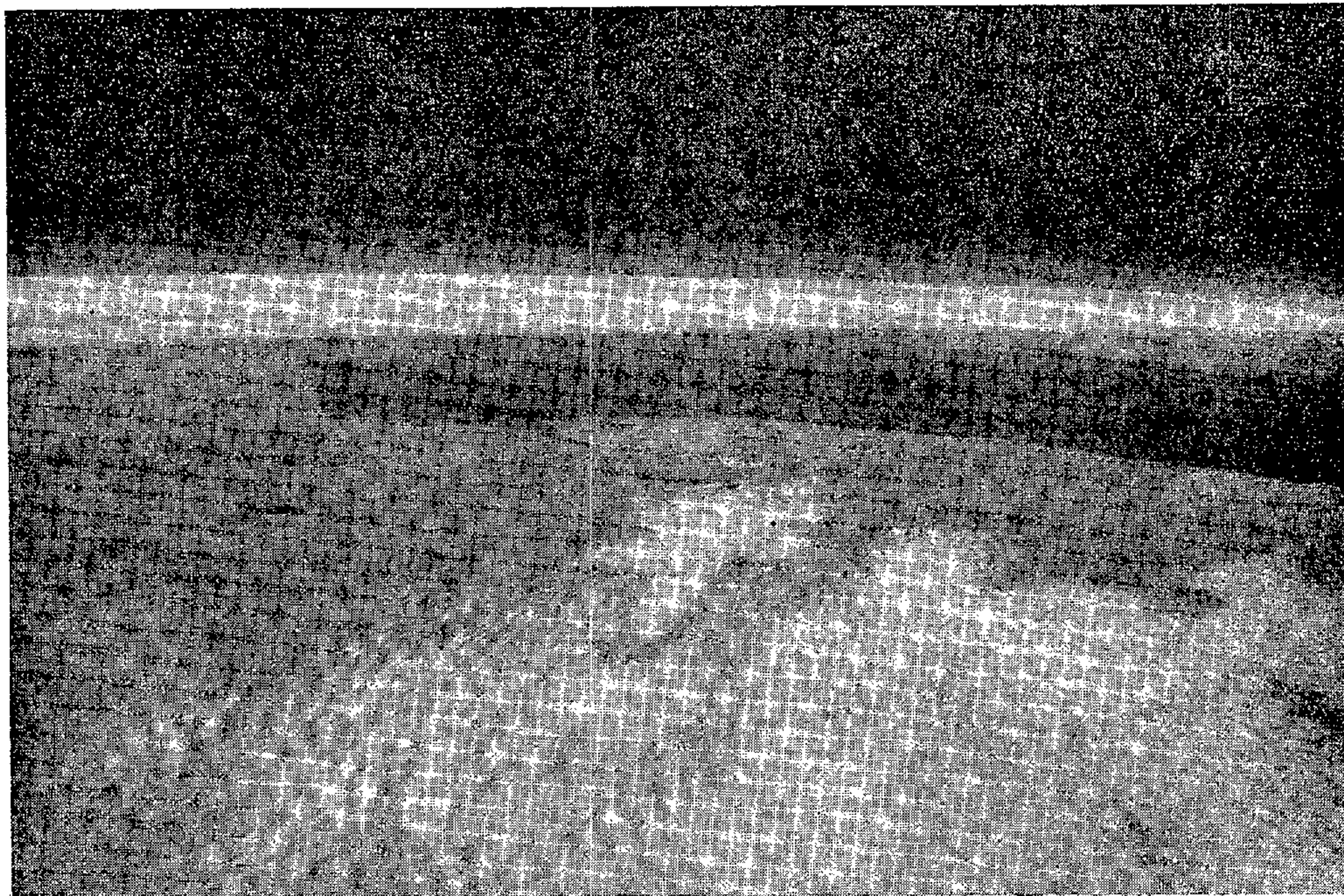
Le film utilisé était de l'Infrared 35 mm d'Eastman Kodak (livré en juillet, non conservé en glacière); ouverture $f:8$, obturateur 1/500e de seconde, filtre Wratten 25, selon les indications fournies par des vols de fusées américaines [1]. En fait le film était sous-exposé; une meilleure exposition aurait dû être quatre fois plus forte environ. Il a été développé au Laboratoire photographique de la Bibliothèque nationale au Microfine d'Ilford, 27 mn à 19° C.

La France était intéressée par un anticyclone : vents faibles ($<$ 50 nœuds), brouillard se dissipant progressivement, bancs de nuages sur la Bretagne.

L'axe de l'appareil était incliné à 77° de la verticale descendante; l'appareil était accroché 50 m en dessous de l'attache du ballon inférieur pour éviter les pendulements trop forts [2]. L'orientation de l'appareil

étant laissée au hasard, il y a environ une chance sur 70 qu'un point quelconque de l'horizon ne soit pas photographié.

En fait, 13 clichés permettent de reconstituer un tour d'horizon complet. L'altitude lors de la prise de vue, mesurée par la distance angulaire à l'horizon de points connus du sol, est d'environ 32 km, à l'aplomb de



La Manche, du Cotentin à Dieppe.

Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne). Sans tenir compte de la réfraction atmosphérique, l'horizon théorique est à 640 km et abaissé de 6° par rapport à l'horizontale. A part le Nord, le Nord-Est, la Bretagne et les Cornouailles qui sont cachées par des brouillards ou nuages, on reconnaît sur les clichés la côte française de la Mer du Nord au golfe de Saint-Malo avec la baie de la Seine, le Cotentin, la côte anglaise avec l'île de Wight, les falaises de Beachy Head, les boucles de la Seine (*fig.* 1), la baie de la Tamise, le système triple des Monts Dômes — Monts du Forez — Monts du Beaujolais, le Jura, le Massif du Mont Blanc et celui des Alpes Bernoises, les Vosges. On devine la Forêt Noire, les Cévennes et les Pyrénées. On voit également à l'horizon la courbure de la Terre; celle-ci cependant ne peut servir à déterminer l'altitude avec précision, du fait : 1° de la rotation anarchique de l'appareil; 2° de l'obturation par obturateur à rideau (déplacement de la fente en 1/25ᵉ de seconde).

Le but de l'expérience était de voir avec quelle précision on peut mesurer l'altitude et l'orientation d'un appareillage dans la stratosphère par photographie. On voulait aussi mesurer, en vue du lancement de fusées par ballons, le pendulement et la rotation d'une sonde stratosphérique; mais ici le poids du moteur a introduit des mouvements parasites, dont à l'avenir on s'affranchira en utilisant l'appareillage lui-même comme poids moteur.

(1) H. E. Newell, *High altitude Rocket Research*, Academic Press, New-York, 1953.
(2) J. Heidmann, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 344.

GÉOLOGIE. — *Jurassique supérieur et Néocomien dans les Pyrénées centrales et orientales*. Note de MM. **Marcel Casteras, Michel Arnould, Pierre-Félix Burollet, Bernard Clavier** et **Philippe Dufaure**, présentée par M. Charles Jacob.

L'absence de macrofaune utilisable a, jusqu'ici, empêché l'identification stratigraphique des formations calcaires et dolomitiques comprises, dans les Pyrénées centrales et orientales, entre le Lias et l'Aptien fossilifères.

L'étude détaillée de quatre coupes et l'examen systématique en laboratoire des 800 échantillons prélevés ont permis l'attribution d'un âge à ces terrains. Pour celà nous avons eu recours à l'analyse des « microfaciès » (1) préconisée par le Professeur J. Cuvillier, à qui l'on doit d'avoir révélé l'existence de Néocomien dans les Pyrénées occidentales (2).

De bonnes corrélations ont été obtenues avec les séries fossilifères du Nord du Bassin d'Aquitaine et du Languedoc, elles-mêmes abondamment échantillonnées.

Coupe de Thèbe a Troubat (Hautes-Pyrénées), au Sud de Montréjeau. — Sur l'Aalénien (3) à *Gryphæa sublobata* Desh (4) viennent :

a. Bajocien-Bathonien (180 m) : dolomies noires fétides, avec une intercalation de calcaire lacustre à Characées (5 m) vers le sommet;

b. Callovien, Oxfordien ? (25 m) : calcaires à grain fin, calcaires dolomitiques et dolomies noires;

c. Rauracien (Argovien) (130 m) : calcaires à grain fin avec quelques passées oolithiques à la base. — *Valvulinella* et *Trocholina*. Cet ensemble passe latéralement à des dolomies noires;

d. Séquanien-Kimmeridgien (390 m) : calcaires finement cristallins, en petits bancs bien lités, avec passées oolithiques et, vers la base, brèche monogénique (45 m). Niveaux inférieurs à *Pseudocyclammina* aff. *personata* Tobler et niveaux plus élevés à *Ps. virguliana* Kœchlin, *Haplophragmium suprajurassicum* Schwager et nombreux Lituolidés;

e. Portlandien inférieur (55 m) : calcaires bien lités et calcaires dolomitiques, microconglomérat monogénique à la base;

f. Portlandien supérieur (275 m) : à la base, calcaires oolithiques avec *Spirocyclina choffati* Mun.-Ch., puis calcaires dolomitiques avec intercalations fréquentes de fausses brèches;

g. Néocomien p.p. (90 m) : conglomérat (20 m), suivi de calcaires oolithiques et de calcaires à pâte fine. — *Dictyoconus*, *Coscinolinopsis*, *Cuneolina*; niveaux à *Clypeina* et autres Dasycladacées.

Les conditions d'affleurement interrompent alors la coupe.

COUPE DU PECH SAINT-SAUVEUR, A FOIX. — Sur le Lias moyen bien daté ([5]), viennent :

a. Directement le *Rauracien* (110 m) : calcaires dolomitiques et dolomies avec, à la base, quelques mètres de calcaire à grain fin à *Valvulinella* cf. *jurassica* Henson et Lituolidés;

b. Séquanien-Kimmeridgien (85 m) : brèches et calcaires bréchiques, à la base, avec *Pseudocyclammina sequana* Merian et un niveau à Characées. Au sommet : calcaires dolomitiques et calcaires à grain fin.

Après une lacune d'observation de 40 m, au sommet de laquelle se situerait la bauxite :

c. Aptien p.p. (200 m) : calcaires massifs à *Toucasia* et Orbitolines.

Le *Néocomien* ne semble pas exister au Pech Saint-Sauveur. Il est absent au Pech de Foix et à la Cluse de Péreille, où la bauxite repose sur le Kimmeridgien ou le Séquanien. Il a été rencontré par contre, plus au Sud, dans le « bassin » de Tarascon, à Rabat.

COUPE DES GORGES DE GALAMUS (PYRÉNÉES-ORIENTALES). — Au-dessus du Lias marneux on a :

a. En transgression, le *Rauracien-Séquanien* (180 m) : calcaires massifs, très dolomitiques au sommet. — *Valvulinella* cf. *jurassica* et *Pseudocyclammina*;

b. Kimmeridgien-Portlandien inférieur (330 m) : calcaires massifs, avec quelques intercalations bréchiques et dolomitiques à la base; niveaux à « filaments »;

c. Portlandien supérieur (215 m) : brèches et calcaires bréchiques à Calpionnelles, *Spirocyclina choffati*, *Trocholina*, *Clypeina jurassica* Favre;

d. Néocomien (150 m minimum) : conglomérat polygénique à la base, puis brèches, calcaires glauconieux, lumachelles et calcaires à grain fin. — *Pseudocyclammina lituus* Yokohama, *Pfenderina*, *Coscinoconus*, *Choffatella* et niveaux à Characées et Siphonées, notamment Dasycladacées dont *Clypeina*;

e. Aptien (210 m) : calcaire organogène à *Toucasia* et Orbitolines, avec alternances marneuses au sommet.

Au col de Brézou (3 km à l'Est) le *contact Néocomien-Aptien* est souligné par les bauxites dont l'âge immédiatement anté-aptien est ainsi établi, comme l'avaient laissé prévoir J. de Lapparent ([6]) et M. Casteras ([7]).

Coupe de la crête de Quiribus (Pyrénées-Orientales). — Sur le Lias marneux viennent :

a. Rauracien-Séquanien (200 m) : dolomies avec, à la base, une passée de calcaire graveleux et oolithique;

b. Kimmeridgien (150 m) : calcaires et calcaires dolomitiques à la base; importants épisodes bréchiques au sommet; Niveaux à « filaments » et très rares *Pseudocyclammina* aff. *sequana.*

c. En transgression directe, le *Néocomien* (50 m) : brèches à la base puis calcaires finement cristallins;

d. Aptien (150 m) : calcaires massifs à *Toucasia* et Orbitolines.

Ces quatre coupes mettent en évidence les faits suivants :

1° Dans le secteur de Thèbe-Troubat, la sédimentation a été continue du Lias au Portlandien inclus, à la seule exception, peut-être, de l'Oxfordien. En outre le Néocomien est caractérisé.

2° Dans une grande partie des Pyrénées ariégeoises et orientales, le Jurassique moyen, le Callovien et l'Oxfordien font défaut. C'est dans ces mêmes régions que G. Dubar ([8]) a signalé l'absence du Lias supérieur. Le Rauracien y vient donc en transgression sur le Lias moyen, après une longue interruption de la sédimentation.

3° Le Néocomien, irrégulièrement distribué, repose sur des termes différents du Jurassique supérieur, sur le Portlandien à Thèbe et à Galamus, sur le Kimmeridgien à Quiribus.

Il existe donc une phase tectonique anté-néocomienne, que nous avons également constatée en quelques points des Pyrénées occidentales.

4° La transgression aptienne s'effectue sur des termes d'âges fort divers, sur le Néocomien à Galamus, sur le Jurassique supérieur dans le chaînon du Pech de Foix et sur le Lias inférieur au Pont de la Fou.

La phase tectonique anté-aptienne est importante. Les émersions qui l'ont accompagnée sont soulignées en certains points par des bauxites anté-aptiennes.

([1]) J. Cuvillier, *Corrélations stratigraphiques par microfaciès en Aquitaine occidentale*, Leiden, 1951.

([2]) J. Cuvillier et A. Debourle, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1954, p. 75-76 et 408-410.

([3]) Nous n'utilisons pas ici la nomenclature récemment proposée par W. J. Arkell (*Jurassic Geology of the World*, London, 1956), parce qu'elle n'est pas encore d'un usage courant en France.

([4]) G. Dubar, *Mém. Soc. géol. Nord.*, 9, n° 1, 1925, p. 196.

([5]) G. Dubar, *loc. cit.*, p. 136-137.

(6) *Mém. Carte géol. Fr.*, 1930, p. 132-134.
(7) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 37, n° 189, 1933, p. 25-26.
(8) *loc. cit.*, p. 144-145 et 184.

GÉOLOGIE. — *Les relations probables en Corse, entre le massif granitique et les prétendus « schistes lustrés »*. Note de MM. **Pierre Lapadu-Hargues** et **Jacques Maisonneuve**, présentée par M. Pierre Pruvost.

A l'heure actuelle, pour expliquer la structure géologique de l'Ile de la Corse, on admet très généralement le schéma suivant : d'une part, un gros massif granitique de faciès divers au centre, au Nord-Ouest et au Sud de l'Ile, d'autre part, au Nord-Est de l'Ile, une série complexe, de métamorphisme variable, avec des masses intrusives de roches basiques. Ce dernier ensemble vient s'appuyer sur le massif granitique, selon une ligne de *chevauchement*. On l'assimile à l'ensemble appelé dans les Alpes « Schistes lustrés » et, comme dans les Alpes, le contact est un contact de bord de nappes. L'âge de ce complexe serait ainsi principalement mésozoïque, le massif granitique serait antépermien, même antécarbonifère supérieur, donc hercynien ou même antérieur. Or, à la suite de récentes observations, nous avons été amenés à envisager un schéma tout à fait différent pour l'ensemble de l'Ile.

Ceci, parce que nous avons observé, au niveau de la région médiane de l'Ile, entre Corte et Vivario, différents contacts entre granite et schistes; plus précisément, l'un d'eux, au niveau de la belle coupe fournie par la Restonica, près de Corte, montre indiscutablement un *contact magmatique* entre granite et schistes, ces derniers traversés par des petits filonnets de matière granitique et même, par places, transformés en véritables cornes, le premier modifié au contact par un endomorphisme, avec présence de minéraux mélanocrates.

Ainsi une conclusion se dégage : l'antériorité des « schistes lustrés » par rapport au massif granitique. Nous sommes en outre suffisamment avancés dans l'étude de ce massif granitique pour affirmer que de la région de Corte jusqu'à l'extrémité méridionale de l'Ile, il s'agit d'un ensemble à faciès polymorphe, mais *structuralement unique.*

Signalons d'autre part que dans le Sartenais nous avons pu constater que les faciès endomorphes du granite ménagent des zones où les anciens massifs basiques qui en sont responsables sont encore pratiquement intacts. On y retrouve alors des faciès très semblables, parfois même identiques aux types représentés dans les massifs de roches basiques liés à la zone des schistes métamorphiques; ceci est un argument de plus en faveur du caractère intrusif du granite au sein de cette même zone; les locali-

sations géographiques des zones endomorphes et des reliques associées montrent bien également la continuité selon des alignements encore nets de la distribution de ces massifs basiques, en deçà et au-delà de la limite granite-schistes métamorphiques.

Reste la question de l'âge de ce granite et, par conséquent, de la série métamorphique. Nous ferons à ce sujet les remarques suivantes :

Il semble que, malgré tout ce qui ait été dit, les schistes métamorphiques sont antérieurs, au niveau de Saint-Florent et de Patrimonio, à la série mésozoïque datée qui paraît les recouvrir normalement.

Les faciès si polymorphes du granite de Corse, leur tendance au type alcalin, rappellent beaucoup certains faciès de granites de l'Afrique, alors que les granites hercyniens de l'Europe sont, en principe, bien différents.

L'un de nous (J. M.) a découvert dans le Sud de l'Ile, près de Fozzano, des faciès *malgachitiques* au sein du granite. Ces types si particuliers sont en cours d'étude et feront l'objet d'un Mémoire ultérieur. Or, partout ailleurs dans le monde, de tels faciès paraissent bien, jusqu'à présent, être l'apanage de séries antécambriennes, mais est-ce bien là un caractère suffisant ?

En effet, la mise en place du granite de Corse, intrusif dans les prétendus schistes lustrés pourrait tout aussi vraisemblablement se situer plus tard, et l'on remarquera à ce sujet qu'il est très troublant de constater le passage éventuel de certains faciès microgranitiques à la fois au massif granitique proprement dit et aussi, peut-être, au complexe rhyolitique du Mte Cinto; ce dernier ne serait-il pas alors une phase effusive correspondant à ce même magma granitique ? Dans ce dernier cas, la mise en place du granite serait nettement post-carbonifère.

Bien qu'à l'heure actuelle on ne puisse encore apporter aucun argument décisif en faveur d'un âge certain pour le granite de Corse, et par là des « schistes lustrés » nécessairement antérieurs, les deux hypothèses nous paraissent devoir être avancées. En tout cas, le schéma général de la structure de l'Ile nous paraît devoir être entièrement revu et, éventuellement, largement revisé.

GÉOMORPHOLOGIE. — *Observation d'éboulis à lits de limon en cours de formation et anciens dans les Andes de Santiago.* Note de M. **Louis Lliboutry**, transmise par M. Léon Moret.

Observation, au cours d'un printemps exceptionnellement humide, de coulées de boue en nappe recouvrant les pentes d'éboulis formés les années normales. Dépôts stratifiés résultant de cette alternance, à ne pas confondre avec ceux d'origine fluviale.

Au cours des dernières années, j'ai étudié l'évolution des versants

entièrement dépourvus de végétation dans les Andes du Chili Central, en particulier autour de la mine La Disputada (40 km au Nord-Est de Santiago, à vol d'oiseau), entre 3 000 et 4 500 m. Gélivation et rapide altération des roches donnent des éboulis très hétérogènes, entraînés vers le bas par simple gravité, plus bas encore sous forme de glaciers rocheux plus ou moins nets, tout en étant soumis à la structuration périglaciaire [1]. Celle-ci, qui consiste principalement en une élimination périodique de la matrice fine par l'eau de fonte, aboutit comme terme ultime à un manteau uniforme de pierrailles. Mais il existe un processus distinct à la suite duquel cette mer de pierres, lorsque sa pente est forte, est recouverte de temps à autre par des lits d'éléments fins.

Les éboulis laissent derrière eux des pentes de terre extrêmement raides (plus de 40°), soit sous les crêtes et les grands ressauts, soit, en petit, à la périphérie des glaciers rocheux. Ces pentes et couloirs de terre sont le siège de coulées de neige au printemps, mais non d'avalanches de fond. En général, par suite du climat très sec, la fonte de la neige se fait par l'intermédiaire de pénitents, il y a regel nocturne, et la couche de neige est stable. L'eau de fonte s'infiltre en déplaçant un peu de terre meuble et s'évapore en ressortant plus bas. Lorsque le terrain sèche, les cailloux s'en détachent et vont former une « caillasse » au pied.

Certains printemps exceptionnels, tels qu'en novembre 1955, l'air est anormalement humide, comme le prouve une intense activité cumuliforme tous les après-midi. Ces années les pénitents n'apparaissent pas sur les pentes orientées vers l'Ouest, la neige se sature d'eau et sa reptation est importante. Alors prennent naissance dans les pentes raides, sous les flaques de neige, des coulées de boue en nappe qui recouvrent la caillasse d'une couche de limons, sable et gravillon. Ces coulées ont quelques lobules étroits vers le bas. Tous les degrés existent entre elles et les grandes coulées qui descendent régulièrement en décembre ou janvier depuis 4 000-4 500 m jusqu'à 2 500-2 800 m, entre deux levées dans leur partie basse [2]. (Ces dernières, dont j'ai souvent été le témoin, les ayant même déclenché, prennent naissance sous les névés et les glaciers suspendus, et sont formées non seulement de boue mais de blocailles et de neige transformée : elles correspondent aux avalanches de printemps des Alpes et ont des vitesses comparables.)

A la suite des petites coulées de boue en nappe, les gros blocs sur la pente sont basculés vers l'avant, par affouillement à l'aval, alors que le gravillon qui n'a pas pu s'infiltrer sous le bloc s'accumule à l'amont. Dans le matériau fin de ces coulées, après une semaine de beau temps, s'était déjà formé une ébauche de sols striés, du gravillon occupant les stries jusqu'au manteau de pierrailles sous-jacent.

A la mine même (3 430 m), en creusant une pente ouest pour agrandir

les bâtiments, on a mis à jour un splendide *dépôt de pente stratifié*, des lits et lobules de limon d'inégale grosseur (10 à 40 cm) alternant avec des lits de pierraille pauvres en matrice fine et assez vacuolaires de 30 à 100 cm d'épaisseur. Ce même printemps 1955 une nouvelle coulée de limon était descendue. Ces lits ne peuvent pas être annuels comme l'ont supposé jusqu'à présent les différents auteurs qui ont signalé des dépôts de pente stratifiés (³), car s'il y avait environ un demi-mètre d'éboulis par an, les bâtiments de la mine seraient depuis longtemps ensevelis ! Ces auteurs supposent aussi qu'il s'agit d'un phénomène de climat humide. Or le climat des Andes de Santiago est un climat de haute montagne subtropicale, transition entre un climat humide et un climat semi-désertique, avec de fortes précipitations d'hiver, mais des étés très secs, et avant tout de très grandes variations suivant les années (⁴).

J'ai observé avec Jean Borde des dépôts de pente stratifiés, plissés par une solifluction de l'ensemble, dans la vallée du Rio Yeso vers 2200 m, au contact des moraines de la dernière glaciation. J'en ai retrouvé, plus altérés, vers 1200 m dans la vallée du Mapocho, et Borde vers 1800 m à Villa Paulina, non loin de là. Ils semblent prouver qu'à un moment du Pléistocène le climat a été une dizaine de degrés plus froid qu'actuellement.

Ces dépôts de pente stratifiés ne doivent pas être confondus, avec des *sédiments stratifiés*, déposés par un torrent soumis de temps à autre à de grandes crues, et basculés ultérieurement par un glissement de terrain ou la fusion de glace morte sous-jacente. Dans ces derniers les cailloux sont plus émoussés et entièrement noyés dans la matrice fine, les lits fins sont plus de sable que de limon, enfin le passage d'un lit au suivant n'est pas aussi brusque (*Cf.* par exemple les sédiments stratifiés qu'on observe dans une gravière au Km 50 de la R. N. 75). Dans les moraines du Rio Yeso on observe côte à côte les deux types de dépôts lités. Pour éviter toute confusion, je propose d'appeler les formes décrites en premier lieu : *éboulis à lits de limon.*

(¹) L. Lliboutry, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1793.

(²) R. P. Sharp, *J. of Geomorphology*, 5, 1942, p. 222-227.

(³) Y. Guillien, *Rev. Géog. Pyrénées et S. O.*, 22, 1951; F. Gullentops, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 61, 1952, p. 124-130; J. Corbel, *Rev. Géomorphologie dynam.*, 5, 1942, p. 222-227.

(⁴) L. Lliboutry, *Nieves y glaciares de Chile, fundamentos de Glaciologia*, Santiago de Chile, 1956, 471 pages.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Sur l'origine du fer dans les eaux interstitielles des sédiments marins actuels.* Note de MM. **Jacques Debyser** et **Pierre-Eugène Rouge**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le fer dans l'eau interstitielle des sédiments marins actuels existe à l'état dissous, à l'état de complexes (humates) et sous forme colloïdale.

Le fer dissous et le fer colloïdal ont été dosés dans l'eau interstitielle de vases fluvio-marines de la région de La Rochelle. La séparation de ces deux formes de fer était effectuée à l'aide de membranes filtrantes (diamètres des pores 200 à 300 μ).

Le tableau I donne les résultats obtenus sur deux des carottes étudiées.

Tableau I.

Teneur en fer de l'eau interstitielle (Baie de la Rochelle, le Bout Blanc).

Carotte 1.

Profondeur.	Fer dissous (mg/l).	Fer colloïdal (mg/l).
Eau sus-jacente....	< 0,1	–
0 à 1...........	0,5	10
15 à 20...........	15,1	29
30 à 35...........	0,1	3

Carotte 2.

Profondeur.	Fer dissous (mg/l).	Fer colloïdal (mg/l).
Eau sus-jacente....	< 0,1	< 1
0 à 2...........	0,3	20
3 à 5...........	14,2	135
10 à 15...........	1,2	12
20 à 15...........	0,2	20

Les profondeurs sont exprimées en centimètres.

Ce tableau montre que, dans l'eau interstitielle du sédiment, le fer est plus concentré que dans l'eau de mer sus-jacente. Autrement dit, l'eau de mer s'enrichit en fer à partir du moment où elle est emprisonnée dans le sédiment ([1]).

Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle ce fer pouvait provenir, en partie tout au moins, de la solubilisation des matériaux détritiques ferrifères constituant le sédiment.

Pour la vérifier, nous avons procédé à l'expérience suivante : une argile et des minéraux argileux ont été placés dans un milieu de culture organique (milieu de Starkey) dans lequel la source de fer avait été supprimée. Le tout était stérilisé. Une série était ensemencée avec une souche de bactéries réduisant les sulfates, l'autre servant de témoin; chaque série était faite en double. L'expérience a duré quatre mois.

Durant l'expérience, un changement de couleur dû à la formation de sulfure de fer est apparu dans les tubes ensemencés contenant l'argile de Cormeilles, l'Attapulgite, la Glauconite, l'Illite et la Montmorillonite. Le fer ne pouvait provenir que du minéral puisque le milieu en était dépourvu.

En fin d'expérience, d'une part le fer soluble du liquide surnageant, d'autre part le fer du sédiment soluble dans HCl à 1 %, ont été dosés à la fois dans les tubes témoins et les tubes ensemencés. Cette attaque légère (tableau II) a lieu aussi bien sur les sédiments des tubes témoins que sur ceux des tubes ensemencés, mais le résultat de l'activité réductrice des bactéries peut être apprécié par différence.

Le tableau II donne les résultats et, en outre, le pH, le Eh et la fréquence relative du nombre des réducteurs de sulfates en fin d'expérience dans chacun des tubes.

TABLEAU II.

Échantillon.	Fer total (%).	Fer dissous en fin d'expérience (mg/l)		Fer soluble dans HCl 1 % en fin d'expérience (%)		pH		Eh		(*).
		stérile.	ensemencé.	stérile.	ensemencé.	stérile.	ensemencé.	stérile.	ensemencé.	
« Argile » de Cormeilles (a)	4,72	0,41	–	0,13	0,16	6,95	7,50	+210	— 80	+++
Attapulgite (b)	2,70	2,04	2.71	0,07	0,20	7,15	7,25	+290	— 30	++
Mélange chlorites et micas (c)	5,03	2,54	3,91	0,09	0,11	6,95	7,10	+260	+210	—
Glauconite (d)	10,4	3,74	5,29	0,12	0,38	7,15	7,90	+290	< 0	++
Illite (e)	5,38	2,50	3,15	0,04	0,11	6,85	7,75	+280	— 30	+++
Kaolinite (f)	0,26	1,24	1,43	0,02	0,02	6,75	6,95	+370	+280	—
Montmorillonite (g)	2,25	3,13	4,95	0,03	0,11	7,55	6,85	+290	—110	++

(a) Argile sannoisienne de Cormeilles-en-Parisis; (b) Attapulgus (Georgia); (c) Permo-Trias d'Aquitaine; (d) Argovien (Causses (e) Purbeckien (Saintonge); (f) Mesa Alta (New Mexico); (g) Camp Berteaux (Maroc).

(*) Fréquence relative des bactéries réduisant les sulfates en fin d'expérience.

Il ressort de ce tableau que tous les minéraux, qui ont été le siège d'une activité réductrice et d'un développement bactérien important, ont été plus fortement attaqués que ceux des tubes témoins; d'autre part, que les teneurs en fer dissous observées en fin d'expérience sont du même ordre de grandeur que celles observées dans l'eau interstitielle dans la nature.

Il semble, en outre, que certains minéraux ne soient pas favorables à l'établissement de conditions réductrices par l'action bactérienne, soit parce qu'ils sont néfastes à ces dernières, soit parce qu'ils ne leur fournissent pas un élément indispensable comme le fer dans le cas de la kaolinite.

Il ressort de ces observations :

1° que l'eau de mer s'enrichit en fer lorsqu'elle est emprisonnée dans un sédiment marin;

2° que ce fer peut provenir de l'attaque des minéraux argileux consti-

tuant le sédiment. La pureté de ces minéraux argileux a été contrôlée aux rayons X, mais il n'est pas exclu que des traces de fer libre soient associées à ces argiles;

3° que cette attaque est favorisée par l'ensemble des conditions réductrices qui résultent dans un sédiment de la présence simultanée de matières organiques et de bactéries réduisant les sulfates et productrices d'hydrogène sulfuré;

4° qu'il n'est pas nécessaire, pour expliquer des concentrations de fer dans les roches sédimentaires, d'invoquer des apports directs de cet élément; mais qu'il peut s'agir, en partie, d'une mobilisation de cet élément dans la masse même du sédiment.

Le mécanisme de cette attaque est inconnu; mais il pourrait s'agir d'une altération des silicates par l'hydrogène sulfuré, résultant de la réduction des sulfates dans le milieu intérieur du sédiment. Des expériences sont en cours à ce sujet.

([1]) Des résultats similaires ont été obtenus à partir de deux longues carottes de sédiments (10 m) prélevées en mer Baltique, ce qui accroît le caractère de généralité de nos observations.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Turbidité des eaux à l'entrée de l'estuaire de la Loire.*

Note de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude de la turbidité des eaux à l'entrée de l'estuaire démontre l'inexistence d'apport de sédiments en suspension par les eaux océaniques.

Des prélèvements d'eau ont été faits à l'entrée de l'estuaire de la Loire :

a. le 9 septembre 1955 en un point situé sur le méridien du sémaphore de Saint-Gildas et à 8,150 km au Nord de celui-ci.

Les conditions fluviales et océaniques étaient les suivantes : coefficient de marée, 56-51; débit fluvial, 120 m^3/s;

b. à différentes époques des années 1955 et 1956 en un point situé à 2,500 km à l'Ouest du précédent.

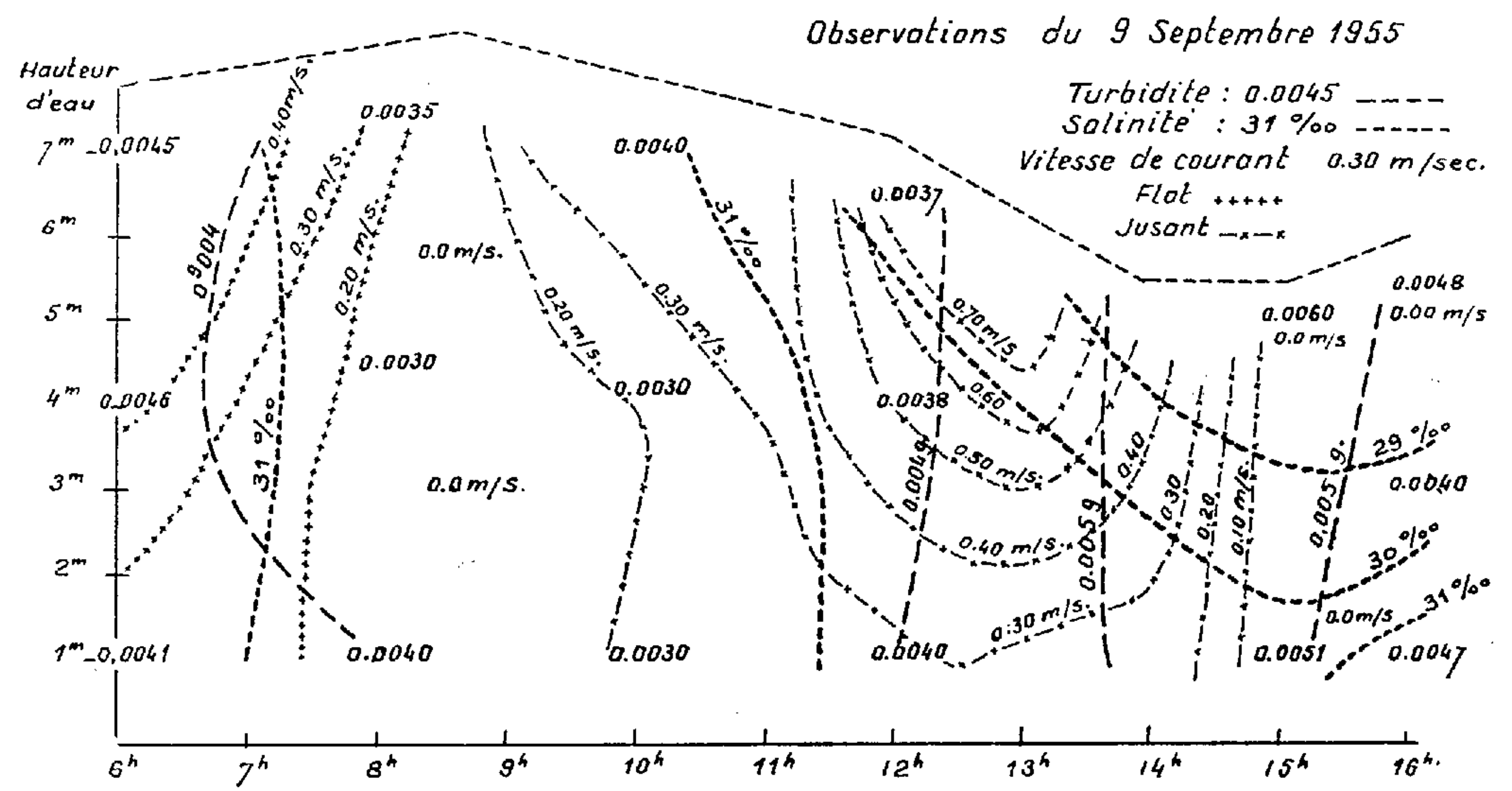
L'élimination complète du NaCl s'étant avérée impossible au cours des dosages pondéraux des sédiments à la supercentrifugeuse Sharples, la turbidité des eaux estuariennes a été mesurée à l'aide d'un absorptiomètre Hilger muni de cuves de 200 mm. La courbe d'étalonnage de l'absorptiomètre a été construite d'après des dosages pondéraux sur des eaux douces de l'amont du fleuve (Mauves).

L'erreur moyenne quadratique de fonctionnement de l'absorptiomètre calculée sur 85 mesures de références est de 3,88 %.

Le défaut d'homogénéité des eaux au cours des prélèvements dans l'estuaire et l'erreur d'échantillonnage en laboratoire introduisent une

erreur moyenne quadratique de 10,75 % calculée sur 116 mesures (l'erreur de fonctionnement y étant incluse).

Les résultats des observations du 9 septembre 1955 sont représentés sur la figure.



On peut en déduire que :

1° Pendant la montée du flot, la turbidité diminue lorsque la salinité augmente;

2° En début de jusant, l'inverse est observé, mais les fluctuations de la turbidité sont faibles;

3° Vers l'étale de basse mer, la turbidité présente une augmentation notable qui correspond au minimum de salinité et à l'immobilité des eaux.

Les résultats des observations périodiques sont donnés dans le tableau suivant :

Date.		Coefficient de marée.	Débit du fleuve (m³/s).		Turbidité (g/l). Surface.	Mi-profondeur.	Fond.
24 mai	1955......	97-93	310	Flot	0,0050	0,0064	0,0084
25 avril	1955......	95-100	460	Jusant	0,00135	–	0,0300
28 mars	1956......	92-102	590	»	0,0076	0,0090	0,0118
25 octobre	1955......	36	150	Flot	0,0026	0,0014	0,0027
25 août	1955......	44-39	160	Jusant	0,0044	0,0050	0,0032
25 novembre	1955......	50-55	170	»	0,0024	0,0030	0,0030
2 juillet	1956......	50	320	»	0,0035	0,0037	0,0039
6 février	1956......	34	1 660	»	0,0076	0,0037	0,0068

En définitive, ces résultats montrent que :

1° Quels que soient le coefficient de marée et le débit du fleuve, la turbi-

dité à l'entrée de l'estuaire est toujours plus élevée en jusant qu'en flot.

Ainsi se trouve démontrée définitivement l'inexistence des apports marins dans l'estuaire de la Loire.

2° La turbidité en estuaire est plus élevée en grandes marées de vive eau qu'en marée de mortes eaux, ce qui confirme mes observations précédentes [1].

3° Les observations du 9 septembre 1955 ont montré que, pour un très faible débit du fleuve, la turbidité n'augmente sensiblement qu'au moment où l'écoulement de l'eau fluviale est bloqué par l'eau océanique.

Au début de la période de flot, la turbidité semble s'abaisser et, par conséquent, les sédiments en suspension ne seraient pas évacués en mer, pour un très faible débit du fleuve. De nouvelles observations devront préciser ce point.

(1) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 106.

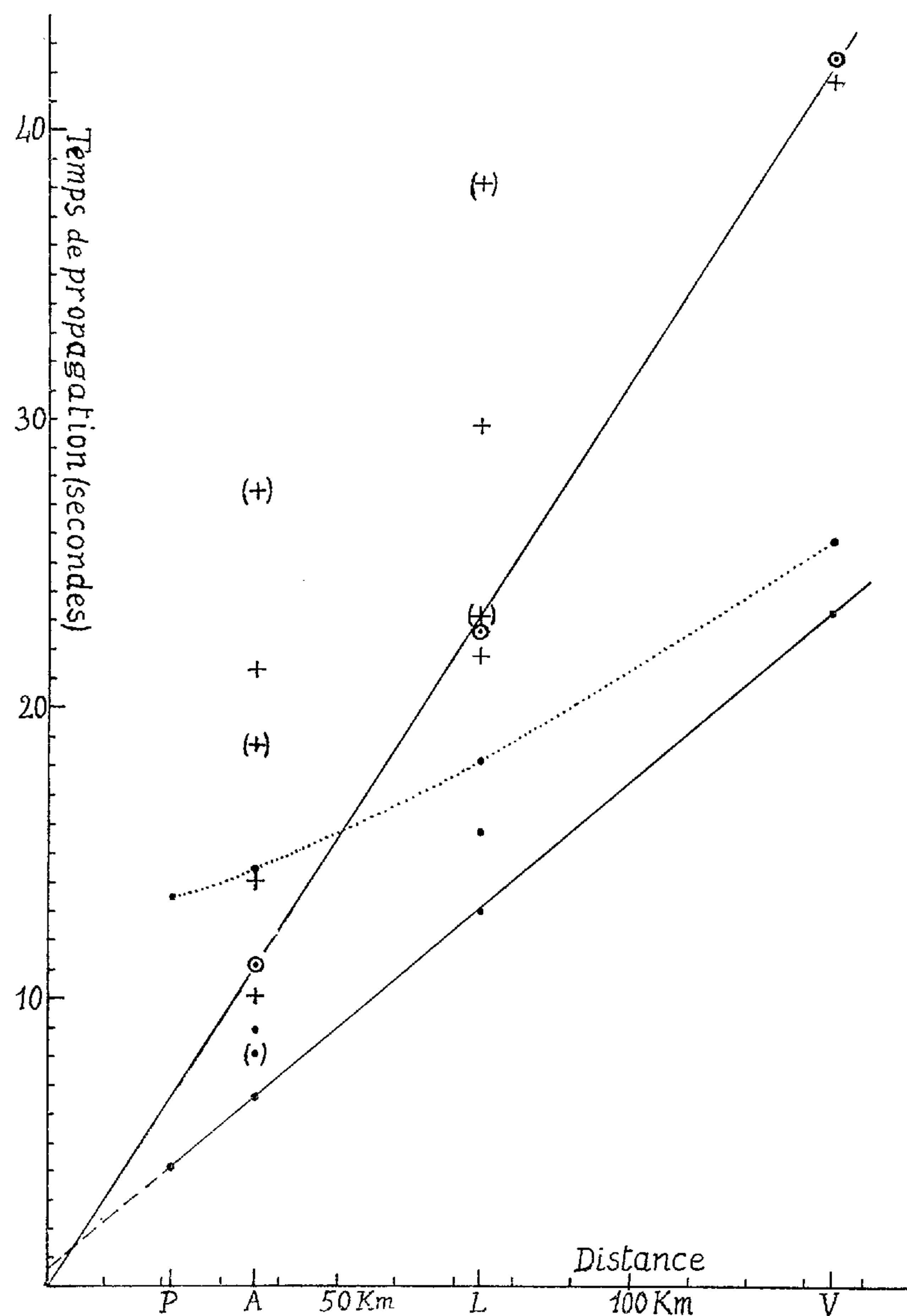
SÉISMOLOGIE. — *Interprétation des ondes séismiques des explosions des Rochilles* (*août-septembre* 1956). Note de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

On étudie les ondes directes, réfléchies, transversales, de Rayleigh et aériennes enregistrées en quatre stations : Val-des-Prés (P), 25 août 1956; Allemont-en-Oisans (A), 27 août; Villard-de-Lans (L), 31 août et 4 septembre, et Vienne, Isère (V) le 6 septembre, au moyen de séismographes pour les trois composantes, à amplification supérieure à 33 000 et quasi constante de 0,02 à 0,20 s.

Les temps de propagation des premières ondes enregistrées sur la composante longitudinale se placent en fonction de la distance sur une droite $t = 0{,}6\,\text{s} + \Delta/5{,}95$ correspondant à une vitesse de 5,95 km/s (points noirs sur la figure).

La composante transversale a enregistré des trains d'onde d'une durée prolongée et de période uniforme 0,06 s à Allemont et Villard-de-Lans; la figure indique par une croix le début de chacun. Cette onde transversale, propagée vers l'Ouest, n'est pas inscrite au Val-des-Prés, au Sud-Est de l'explosion. Sa vitesse de propagation, calculée d'après le début du train d'onde est de 3,546 km/s à Allemont, 3,41 km/s à Villard-de-Lans et 3,23 km/s à Vienne. En cette dernière station, elle correspond exactement au temps de propagation de l'onde $S_{\prime\prime}$ donné par les tables de Jeffreys [1], et d'autre part la période est plus élevée que dans les deux premières stations, mais celles-ci permettent à elles seules de constater que la vitesse de l'onde transversale est une fonction décroissante de la distance, et par suite de la profondeur.

La composante longitudinale montre, peu après la première onde transversale, un train d'onde régulier, dont le début est noté par un cercle sur la figure. Il est particulièrement bien développé à Allemont où sa période est 0,12 s et sa vitesse 3,208 km/s; à Villard-de-Lans et à Vienne, on a



respectivement 0,06 s et 3,28 km, 0,25 s et 3,17 km. Cette onde présente donc une faible dispersion négative, ce qui pour l'onde de Rayleigh est corrélatif de la diminution de vitesse de l'onde transversale avec la profondeur.

Si nous considérons la vitesse des trois ondes sur la première partie du

trajet (Lac Rond-Allemont) nous avons : $V_L/V_T = 1{,}537$ et $V_R/V_T = 0{,}904$, ces valeurs indiquant d'une façon concordante que le coefficient de Poisson du sol est sensiblement inférieur à la normale $\sigma = 0{,}25$; on peut en effet calculer les deux tables de correspondance suivantes :

σ	0,333	0,29	0,25	0,21	0,17	0,133	0,10	0
$\frac{V_L}{V_T}$	2	1,84	1,732	1,65	1,59	1,538	1,50	1,414

$\frac{V_R}{V_T}$	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89
σ	0,38	0,31	0,25	0,193	0,133	0,08

Si au contraire on considère les vitesses à une profondeur plus grande, soit $V_L = 5{,}95$ km/s sur le trajet Allemont-Vienne et $V_T = 3{,}41$ km/s à la station médiane de Villard-de-Lans, on a $V_L/V_T = 1{,}745$, soit $\sigma = 0{,}25$; il y a lieu d'ailleurs de rappeler que l'intervalle mathématique de variation de σ est de $-1{,}0$ à $+0{,}5$ (²).

Parmi les ondes notées, soit sur la composante longitudinale, soit sur la composante verticale, plusieurs se placent sur une courbe en pointillé dont l'interprétation est celle d'une onde réfléchie. La profondeur de réflexion, calculée en admettant une vitesse constante et égale à 5,95 km/s, se trouve être :

Val-des-Prés.	Allemont.	Villard-de-Lans.	Vienne.
38,6 km	39,0 km	39,2 km	35,9 km

Ces résultats s'accordent bien entre eux et avec la profondeur de la discontinuité de Mohorovicic.

La composante transversale, de son côté, montre après le premier train d'onde, un autre d'amplitude plus grande, et le calcul indique une profondeur de réflexion de 17,3 km à Allemont. Une onde longitudinale à cette station s'est aussi réfléchie à une profondeur du même ordre qui pourrait être celle de la discontinuité de Conrad, actuellement mal connue et qui se manifeste d'une façon inconstante dans la propagation des ondes séismiques naturelles. A Villard-de-Lans, l'onde transversale postérieure à la première arrivée, et comme elle de début très net, s'est réfléchie à 34,7 ou 17,3 km, suivant que la réflexion est simple ou double ; une onde de faible amplitude, indiquée entre parenthèses sur la figure, qui apparaît à 38 s, donne pour profondeur de réflexion 53,3 ; 26,6 ; ou 17,8 km suivant que la réflexion est simple, double ou triple, et le troisième chiffre s'accorde seul avec les précédents. Une autre onde transversale très faible qui suit immédiatement l'onde directe est interprétable comme onde longitudinale devenue transversale après réflexion à 36,2 km. Quant à l'onde longitudinale indiquée entre l'onde directe et l'onde réfléchie, c'est probablement l'onde P_n, à 0,4 s du temps de Jeffreys.

En résumé, les explosions des Rochilles mettent en évidence les discontinuités dites de Mohorovicic et de Conrad; cette dernière apparaît comme d'extension limitée en surface, à moins qu'elle soit particulièrement réfléchissante pour les ondes transversales à un certain angle d'incidence.

L'enregistrement du 25 août, à 21,51 km du point d'explosion, porte sur la composante longitudinale trois trains d'onde de période 0,06 s dont le premier a son amplitude maxima 52,9 s après l'explosion, le second 61,8 s et le troisième 67,9 s; le second ayant pour vitesse apparente 348 m/s est évidemment l'onde sonore directe; le troisième un écho; enfin le premier, seul des trois à être accompagné d'un mouvement de même période sur la composante transversale, a dû effectuer comme onde séismique une partie du trajet qu'il est possible de préciser à condition de faire une hypothèse sur la vitesse de cette onde. Supposons-la égale à la vitesse apparente de l'onde longitudinale du Lac Rond au Val-des-Prés, soit 5,22 km/s : on calcule, pour une propagation en ligne droite, un parcours séismique de 3,32 km. Pour effectuer ce trajet, l'onde transversale mettrait 0,3 s de plus que l'onde longitudinale, et c'est précisément l'intervalle moyen que l'on mesure entre les maxima d'amplitude des deux composantes.

Le 4 septembre à Villard-de-Lans, l'enregistrement, accidentellement retardé, a eu lieu entre 1 m 55 s et 3 m 32 s après l'explosion. L'onde aérienne directe, de durée de trajet 213 s, n'a pas été enregistrée mais la composante longitudinale montre, 200 s après l'explosion, un train d'onde proéminent de période 0,06 s, et le même calcul, en adoptant cette fois la vitesse $V_L = 5,95$ km/s, conduit à un trajet séismique de 4,8 km, correspondant à la distance entre la station et la crête des montagnes de Lans, perpendiculaire à la direction des explosions.

Le vent ne paraît pas avoir perturbé les observations des deux journées considérées, dont on peut retenir l'existence d'ondes en partie aériennes et en partie séismiques, analogues aux ondes T propagées comme ondes sonores dans l'Océan.

(1) *Month. Not. roy. astr. Soc. geophys. Suppl.*, 4, 1939, p. 528.
(2) Bullen, *Hdb. Phys.*, 47, 1956, p. 79.

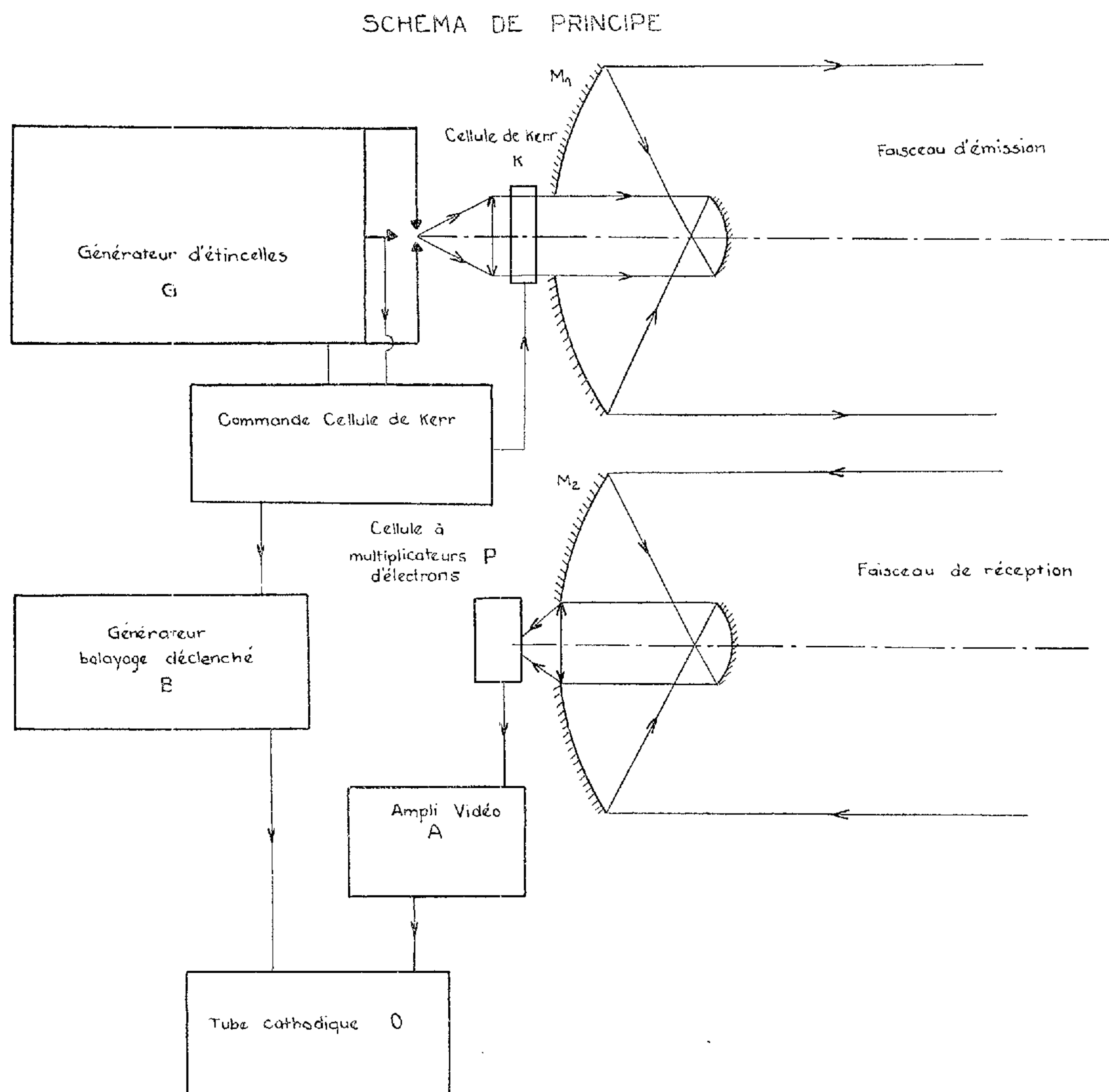
PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Nouveau principe pour la détermination expérimentale de la visibilité oblique*. Note de MM. **René Gasnier** et **Étienne Vassy**, transmise par M. Eugène Darmois.

Détermination de la portée visuelle sous incidence oblique par étude en fonction du temps de la lumière diffusée en arrière par un signal lumineux très bref.

Une donnée utile à faire connaître au pilote en cours d'atterrissage

par mauvaise visibilité est la « visibilité oblique », c'est-à-dire, sur la trajectoire de descente, à quelle distance il verra le début de la piste.

On a tenté jusqu'ici de fournir cette indication en mesurant la visibilité horizontale (à côté de la piste, et parallèlement à celle-ci ou un peu en avant), et la visibilité verticale : altitude de disparition d'un ballon emportant une source lumineuse par exemple. Mais ces indications sont souvent



inexactes car l'atmosphère n'est généralement pas homogène, la brume de plus grande densité optique se trouvant localisée au voisinage du sol par exemple, et de plus il est difficile d'effectuer de pareilles déterminations aux abords d'une piste d'atterrissage sans aller à l'encontre des mesures de sécurité.

Le principe que nous proposons d'utiliser est schématisé sur la figure.

Un générateur d'étincelles G émet au foyer d'un miroir M un signal lumineux très bref. Pour avoir un signal suffisamment bref et de forme convenable, on peut le synchroniser avec une cellule de Kerr K. La lumière émise au foyer du miroir M, subit l'absorption et la diffusion par le brouillard. Une cellule P à multiplicateurs d'électrons, placé au foyer d'un second miroir très voisin du premier, orienté dans la direction du faisceau émetteur reçoit le flux lumineux diffusé en arrière par le brouillard. Elle donne un courant qui après amplification (A) attaque les plaques verticales d'un oscillographe cathodique O dont le balayage horizontal est déclenché par le départ du signal (générateur de balayage déclenché B).

Sur l'écran de l'oscillographe apparaîtra une trace traduisant l'absorption et la rétrodiffusion de la lumière dans cette direction. Il est possible de relier cette courbe représentant l'énergie lumineuse reçue en fonction du temps à la valeur du coefficient d'absorption par diffusion σ et par suite à la portée visuelle.

L'appareillage ainsi réalisé pour cette mesure présente l'avantage de ne pas gêner l'atterrissage par suite de l'extrême brièveté des signaux lumineux et de l'absence d'obstacles dangereux pour l'avion.

OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'émission des raies rouges de* OI *dans la haute atmosphère.* Note de M. **Robert Robley**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'observation systématique des raies 6300-6364 Å de OI faite à l'Observatoire du Pic du Midi avec le photomètre de J. E. Blamont et G. Courtès (1) attire l'attention sur certains points. Rappelons que nous obtenons en une seule pose pouvant varier de 5 à 30 m une image presque complète du ciel, strié par les franges de Savart dues à la radiation monochromatique étudiée. La bande passante est délimitée par la transmission d'une gélatine Wratten n° 26 et par la sensibilité des émulsions Kodak 103 a C. L'étalonnage des plaques se fait à l'aide d'un échelon photométrique qui reçoit par un œilleton placé à grande distance la lumière d'une lampe fluorescente.

1. Nous avons cherché à préciser le raccordement de l'effet crépusculaire avec l'émission nocturne. Nos observations portent sur les mois de mars, avril, mai et juillet 1956, elles montrent un comportement analogue à celui trouvé par C. T. Elvey et A. H. Farnsworth (2) d'une part et P. Berthier (3) d'autre part, pour des mesures faites dans le vertical du Soleil; lorsque l'on s'éloigne de l'azimut du Soleil, nous constatons que le changement de pente qui s'opère après la décroissance rapide de la période crépusculaire semble s'amplifier considérablement, au point de présenter

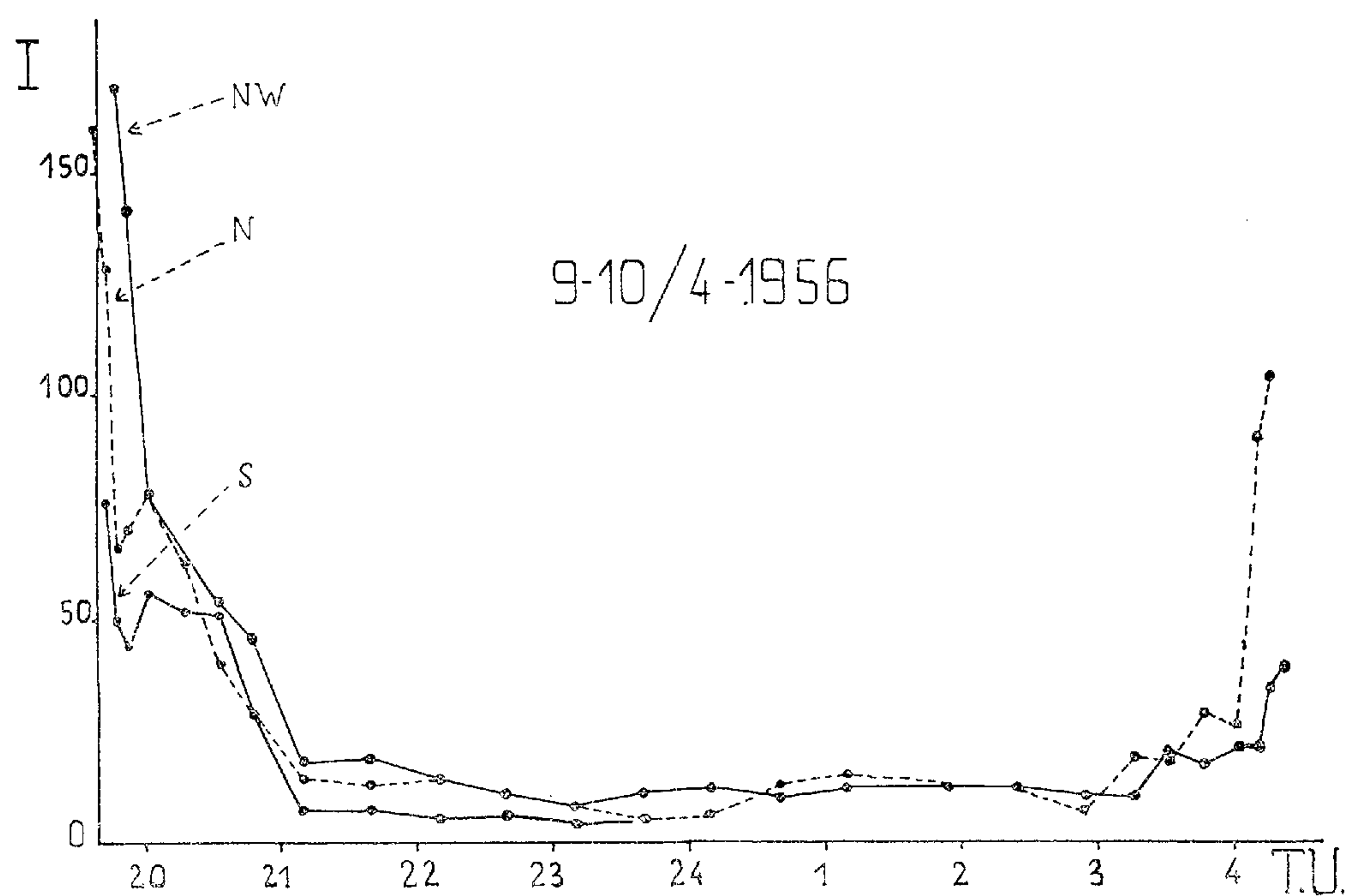


Fig. 1. — Variation de l'intensité des raies rouges en fonction du T. U., à 65° du zénith dans les trois azimuts N, NW et S.

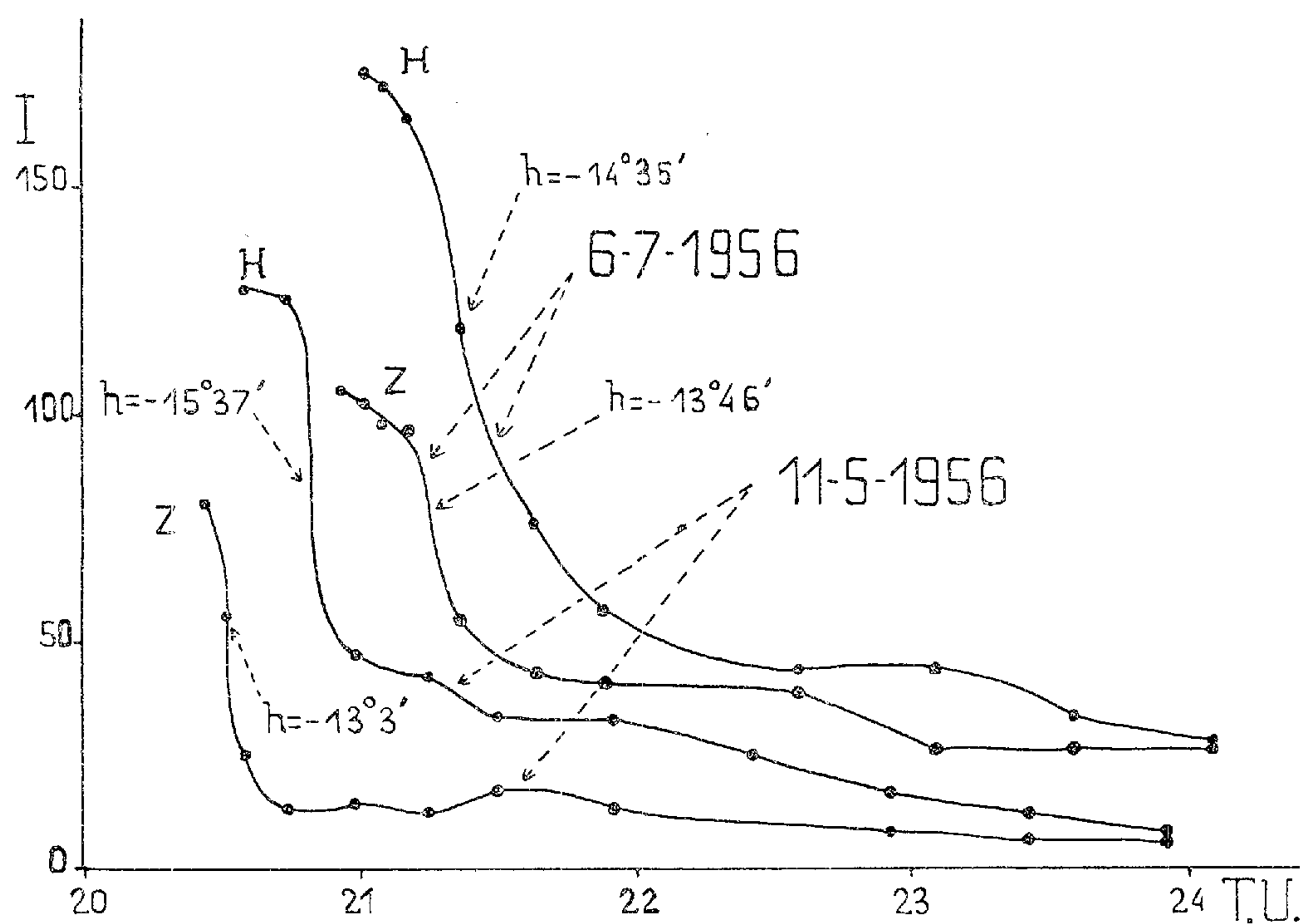


Fig. 2. — Deux couples d'observations zénith-horizon :
Horizon du 11 mai 1956 : à 72° du zénith dans l'azimut du Soleil.
Horizon du 6 juillet 1956 : à 52° du zénith dans l'azimut du Soleil.
h indique la dépression solaire relative à chacun des points d'inflexion.

parfois l'aspect d'un véritable palier; puis l'intensité diminue à nouveau pour atteindre une valeur globalement constante pendant la nuit. Compte tenu de la réduction des intensités, l'évolution au cours du matin est identique à celle du soir. Si l'on adopte l'hypothèse d'une émission différée qui s'ajoute à l'effet crépusculaire, on est forcé de constater que cette émission se manifeste également le matin. Notons toutefois que les bandes de OH présentes dans cette région spectrale peuvent fausser le problème. La figure 1 illustre ces résultats, elle donne les variations de l'intensité de 6 300-6 364 Å en fonction du T. U. pour les horizons Nord-Ouest, Nord et Sud au cours de la nuit du 9 au 10 avril.

2. En début de crépuscule, époque où les raies rouges sont certainement plus pures, nous avons appliqué la méthode zénith-horizon, pour déterminer l'altitude du maximum de concentration des atomes d'oxygène selon J. Cabannes et H. Garrigue (4). Les positions des maximum, ou ce qui revient au même des points d'inflexion sur les courbes d'intensité, se séparent nettement selon qu'on vise au zénith ou à l'horizon. La figure 2 donne deux couples de courbes obtenues le 11 mai 1956 et le 6 juillet 1956, les distances zénithales de visée dans le vertical du Soleil étant respectivement 72 et 52°. Les altitudes déduites sont de 101 et 73 km. Ces valeurs sont inférieures à celle adoptée actuellement, soit 110 km.

(1) *Ann. Géophys.*, 2, 1955, p. 252.
(2) *Astrophys. J.*, 96, 1942, p. 451.
(3) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1593.
(4) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 484.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Au sujet de l'interaction de deux organismes, dont l'un est soumis à des doses inhibitrices d'auxine.* Note de Mlle **Simonne Quintin**, présentée par M. Raoul Combes.

Il est démontré depuis longtemps que la croissance d'un organisme peut être entravée au moyen d'un inhibiteur sécrété par un autre organisme se développant dans le même substrat. Il est établi ici que l'inhibition de la croissance d'un organisme sous l'action de l'auxine exogène peut être levée à l'aide de la biotine sécrétée par un autre organisme poussant côte à côte.

Dans des expériences préliminaires sur l'action inhibitrice de l'auxine, j'utilisais *Nectria galligena* comme test de croissance. Dans un des tubes de culture contenant des doses nettement inhibitrices d'acide indol-β-acétique (A. I. A.), le développement de cet organisme était normal. L'examen microscopique a montré que ce tube était infecté par *Rhizopus nigricans* Ehr. (1). La levée de cette inhibition de croissance, chez *N. galligena*, au moyen d'une substance diffusible sécrétée par *Rh. nigricans*

venait immédiatement à l'esprit (et ceci d'autant plus que d'autres expériences avaient établi la résistance de ce dernier champignon aux doses élevées d'A. I. A.). Il s'agissait de préciser la nature de cette substance et d'établir ensuite qu'elle était capable de lever l'inhibition due aux fortes doses d'A. I. A.

J'ai utilisé en premier lieu, comme source de métabolites anti-auxines, le milieu sur lequel s'est développé pendant sept jours *Rh. nigricans*. A ce milieu, filtré sur bougie Chamberland, sont ajoutés les sels minéraux du milieu de Westergaard et Mitchell (1947) dépourvu de biotine, enrichi de 30 g/l de glucose; pour la comparaison des résultats on emploie le milieu de Westergaard et Mitchell modifié de la même façon. Puis *N. galligena* est ensemencé en présence de fortes doses d'A. I. A. : 6,25 à 25 mg/l et plus. Le tableau I montre que dans ces conditions, l'action inhibitrice de A. I. A. est annulée par une ou plusieurs substances présentes dans le milieu où *Rh. nigricans* était cultivé.

TABLEAU I.

Croissance (moyenne de trois cultures) de N. galligena *dans : milieu de base contenant des doses croissantes d'auxine* (T); *filtrat du milieu sur lequel s'est développé* Rh. nigricans + *sels du milieu* T(R).

		T.		R.	
Age des cultures.	A. I. A. (mg/l).	Dimensions (mm).	Poids sec (mg).	Dimensions (mm).	Poids sec (mg).
15 jours	0	36 × 21	9	33 × 21	37
	6,25	20 × 16	5	33 × 21	36,8
	25	13 × 14	3	33 × 21	35
30 jours	0	80 × 21	19	75 × 21	39,16
	6,25	60 × 21	9,33	75 × 21	39,5
	25	49 × 21	6,5	75 × 21	39,5

J'ai cherché ensuite à identifier la ou les substances antagonistes de A. I. A. Les expériences de F. Nysterakis (1954) démontrent que la biotine peut être considérée comme métabolite antiauxine. Par ailleurs, les recherches de Schöpfer (1942) sur le pouvoir de synthèse de *Rhizopus* permettent de supposer que la biotine est présente. L'isolement de la biotine présumée s'est fait suivant la méthode de Kögl et Tönnis (1936) par adsorption sur le charbon animal. Les tests biologiques *Lactobacillus arabinosus* 17,5 et *Streptococcus fecalis liquefaciens* γ 30 022 (Gr. D) utilisés suivant la méthode de Wright et Skeggs (1944) ont permis de mettre en évidence la présence de biotine.

Enfin *N. galligena* est cultivé simultanément dans le milieu de base contenant 2,5 à 50 mg/l d'A. I. A. (T), dans ce même milieu enrichi de 0,1 mg/l de biotine pure (B), ou d'une même quantité de biotine prove-

nant du filtrat du milieu où s'est développé pendant sept jours *Rh. nigricans* (BE) (*voir* tableau II).

TABLEAU II.

Poids secs en milligrammes (moyenne de cinq cultures) de N. galligena *âgé de 14 jours dans : milieu de base contenant des doses croissantes d'auxine* (T), *milieu* T + 0,1 mg/l *de biotine pure* (B), *milieu* T + *une même quantité de biotine provenant du milieu où s'est développé* Rh. nigricans (BE).

A. I. A. (mg/l).	T.	B.	BE.
0	17,3	19,25	15,5
2,5	5,2	17,5	15,33
5	4,8	18	–
10	4,8	17,75	12,5
25	4	14,66	15,33
50	1,66	–	12

L'aspect morphologique et les valeurs de poids secs de *N. galligena* démontrent que l'inhibition de croissance provoquée par A. I. A. était levée au même titre par la biotine pure et par la biotine extraite du milieu où s'était développé *Rh. nigricans.* Cette expérience prouve aussi que l'antagonisme A. I. A./biotine extraite est sans compétition puisqu'une même quantité de biotine peut renverser l'action inhibitrice de toutes les doses d'antagoniste appliqué.

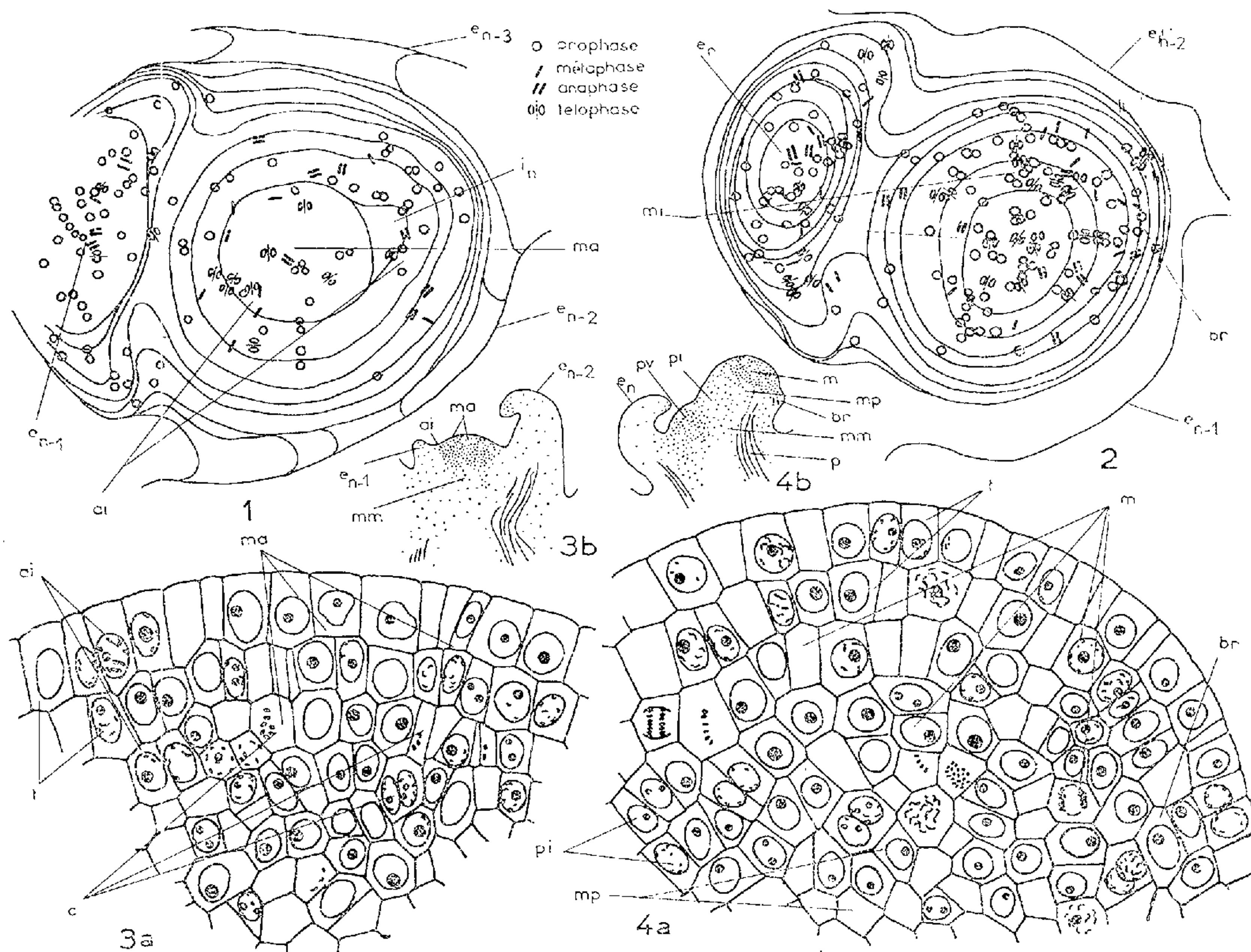
On peut en conclure que l'inhibition de croissance d'un organisme (*N. galligena*) produite par l'A. I. A. peut être annulée à l'aide d'un métabolite provenant de l'excrétion d'un autre organisme (*Rh. nigricans*) et identifié comme étant la biotine. La présence de cette substance expliquerait ainsi l'interaction initialement observée des deux organismes en question. En outre, cela constitue une nouvelle preuve que l'auxine, à dose élevée, peut agir comme un antimétabolite, tandis que la biotine, au moins dans le système biologique étudié, jouerait le rôle d'un métabolite antiauxine pris au sens de F. Nysterakis.

(1) Ce *Rhizopus* présentait rigoureusement les mêmes propriétés biologiques que la souche n° 258 du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. C'est donc cette dernière qui a été utilisée dans l'expérimentation ci-après, pour qu'on puisse se procurer facilement un matériel identique.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Transformation du point végétatif en méristème d'inflorescence chez* Drosera rotundifolia *L.* Note de Mme **ANNA FAVARD**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez *Drosera*, la transformation du point végétatif en méristème d'inflorescence se fait par intensification de l'activité cellulaire du méristème axial d'attente, tandis que l'anneau initial s'amenuise.

A la fin de l'état végétatif, l'anneau initial proprement dit, c'est-à-dire le lieu des initiations foliaires, se déplace davantage vers la périphérie. Le « méristème d'attente » qui grossit aux dépens de l'anneau initial [*voir* Note précédente ([1])], s'élargit par des mitoses anticlines de la *tunica*



Apex de *Drosera rotundifolia* L. lors du passage à l'état inflorescentiel.

1. Relevé des mitoses des 8 premières coupes transversales, à la fin du stade végétatif. Mitoses apicales d'élargissement du méristème d'attente encore en liaison avec l'activité plastochronique latérale (fixation faite à 22 h).

2. Idem, à la fin de la phase de transition. Intensification des mitoses apicales axiales, et répartition plus homogène des mitoses dans l'apex (fixation faite également à 22 h).

3. Montée des mitoses dans le méristème d'attente, au début de la phase de transition. *a*. Coupe longitudinale. Nombreuses mitoses anticlines (*c*), suivies de mitoses périclines du *corpus*. *b*. Schéma de l'apex.

4. Début du stade inflorescentiel. *a*. Coupe longitudinale axiale du méristème inflorescentiel. *b*. Schéma de l'apex.

i, initium foliaire; *e*, ébauche foliaire; *ma*, méristème d'attente; *ai*, anneau initial; *t*, *tunica*; *c*, mitoses anticlines du *corpus*; *mi*, méristème inflorescentiel; *m*, manchon méristématique; *mp*, début du massif parenchymateux; *br*, bractée; *i*, pédoncule inflorescentiel; *pv*, point végétatif secondaire; *mm*, méristème médullaire; *p*, procambium.

et du *corpus*. Mais il ne continue pas moins de subir les fluctuations plastochroniques, comme le montre la répartition des mitoses dans l'apex (*fig.* 1)

Le passage à l'état inflorescentiel est alors marqué par un brusque

déplacement de l'activité cellulaire de l'apex au profit du méristème d'attente dont les mitoses s'intensifient. En un ou deux plastochrones, l'anneau initial s'amenuise en perdant un peu de ses propriétés méristématiques. Par contre, le méristème d'attente s'épaissit d'un grand nombre de mitoses anticlines de la *tunica* et du *corpus*, qui sont bientôt suivies de divisions périclines du *corpus*. Ces dernières, d'abord plus nombreuses à la base, atteignent rapidement le sommet du *corpus* (*fig.* 3). La répartition des mitoses à la fin de cette phase de transition devient à peu près homogène dans tout l'apex (*fig.* 2); on y voit en particulier de nombreuses mitoses apicales axiales, ce qui contraste avec un apex végétatif ([1]).

Le ralentissement des productions foliaires de l'anneau initial d'une part, et la prolifération cellulaire intense du méristème inflorescentiel naissant d'autre part, provoquent l'élévation de l'apex par rapport aux dernières productions de l'anneau initial (dernière feuille, et plus tard, premières bractées). En même temps, l'apex change de forme : il s'allonge par suite des nombreuses divisions périclines du *corpus*, tandis que le dôme apical devient bombé (*fig.* 4 *b*). A ces divisions fait suite, très tôt, une croissance intercalaire de la partie de l'apex situé au-dessus de la dernière feuille. Elle donne naissance au pédoncule inflorescentiel (*fig.* 4, *pi*).

Finalement, au début du stade inflorescentiel, l'apex est revêtu du « manchon méristématique » qui caractérise les méristèmes floraux ou inflorescentiels. Mais il est encore réduit. Sous une *tunica* à deux assises régulières se trouve le *corpus* où les divisions anticlines et périclines forment plusieurs assises irrégulières. La différenciation monte dans l'apex plus rapidement dans la région axiale que sur les bords. Elle donne un « corps parenchymateux » encore réduit, dont la vacuolisation ne fait que commencer (*fig.* 4). Il fait suite au méristème médullaire peu différencié du pédoncule inflorescentiel naissant.

A peine constitué, ce méristème inflorescentiel va donner naissance d'un côté, à la première bractée, et de l'autre à une protubérance florale. C'est le début d'une cyme unipare hélicoïde dont l'ontogenèse fera l'objet d'une prochaine publication.

L'étude cytologique confirme, lors du passage à l'état inflorescentiel, le déplacement de l'activité cellulaire, de la périphérie vers l'axe, de même que son intensification. Ce résultat se rapproche de ceux déjà observés, tant pour les méristèmes floraux qu'inflorescentiels, par Buvat ([2]), puis par Bersillon et par Mme Lance. L'activité latérale reste par contre dominante chez certaines inflorescences en grappe ([3]).

En conclusion, le méristème inflorescentiel de *Drosera* provient essentiellement de l'activité du méristème d'attente. Mais celui-ci s'est développé en liaison avec l'anneau initial et partiellement à ses dépens. L'anneau

initial résiduel produit la première bractée tandis que le méristème d'attente donne la première protubérance florale, opposée à la bractée.

(1) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2486.

(2) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 13, 1952.

(3) M. H. MOUSTAPHA, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1059.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations saisonnières du chondriome dans les cellules parenchymateuses du phloème de* Robinia pseudoacacia. Note de M. **ROGER BUVAT**, présentée par M. Raoul Combes.

Les chondriosomes des cellules parenchymateuses du phloème de *Robinia pseudoacacia* sont particulièrement réactifs aux variations saisonnières du fonctionnement de ce phloème. Les passages réversibles de l'état divisé à l'état de longs chondriocontes se font par association ou dissociation de granules élémentaires et paraissent en rapport avec les changements de l'hydratation des tissus.

Les variations saisonnières du phloème ont été plusieurs fois étudiées à des points de vue divers, mais nous n'avons connaissance d'aucun travail relatif aux chondriosomes.

Du printemps à l'automne, le phloème secondaire des branches de Robinier se compose d'une zone étroite de phloème fonctionnel, entourant le cambium, et de tissus périphériques, comprenant le phloème ancien, progressivement transformé, et le périderme.

Le phloème fonctionnel comporte les tubes criblés, les cellules compagnes, le parenchyme vertical, éléments pectocellulosiques alternant avec des lits de fibres. Ces derniers sont bordés de cellules isodiamétriques renfermant chacune un cristal d'oxalate de calcium en tablette. Cet ensemble constitue le « système vertical », il s'y ajoute les « rayons du liber » ou parenchyme horizontal, issus des initiales courtes du cambium.

Dans le phloème ancien, nous avons montré (1) que les tubes criblés et leurs cellules compagnes disparaissent, laissant de longues lacunes. Il reste donc les fibres et les deux systèmes de parenchymes avec les cellules à oxalate qui les tapissent.

1° *En avril* (*fig.* 1), juste avant la différenciation du nouveau phloème à partir du cambium, le parenchyme vertical du liber tardif de l'année précédente est fait de cellules à vacuoles petites et nombreuses, assez riches en amyloplastes (*a*), et pourvues de chondriosomes courts, la plupart laissant voir l'association de deux granules mitochondriaux. La poussée printanière va reléguer ces cellules dans le phloème ancien et elles se chargeront bientôt de tannins.

Les cellules du liber plus ancien, toujours tannifères, montrent des chondriosomes analogues, en avril. Elles sont seulement plus riches en amidon et leurs vacuoles sont moins morcelées.

2° *En mai*, du phloème fonctionnel nouveau s'est différencié, à partir des cellules cambiales qui, au moment de leur réactivation, avaient de petites vacuoles et des chondriosomes courts. Le nouveau parenchyme libérien vertical est fait de cellules typiquement à grandes vacuoles, mais on y trouve une diversité cytologique qui reflète une activité et une instabilité considérables. De nombreux trabécules de cytoplasme parcourent les cellules, les chondriosomes peuvent être, ou très courts et très nombreux (chondriome très divisé), ou très longs et peu nombreux (*fig.* 2). Il est probable que les cellules passent réversiblement d'un état à l'autre. De petites vacuoles (v) sont fréquentes, à côté des grandes, dans le cytoplasme pariétal. Ces cellules sont généralement *dépourvues d'amidon.*

Le phloème ancien (*fig.* 3) s'est manifestement hydraté. Il n'y a plus qu'une ou deux grandes vacuoles, fortement tannifères, par cellule. Mais ce sont les chondriosomes qui sont les plus remarquablement modifiés. L'instabilité précédente ne se retrouve plus ici, et, généralement, les cellules renferment de très longs chondriocontes, sinueux et parfois ramifiés, hétérogènes, issus d'associations des petits chondriosomes d'avril. Ces cellules sont fortement amylifères.

3° *En juin* et *juillet*, ces états se maintiennent, mais s'accentuent peut-être en juin. L'instabilité du phloème fonctionnel se retrouve jusqu'en juillet, juxtaposant des cellules à chondriosomes courts et des cellules à chondriosomes démesurés (*fig.* 4).

4° *En septembre*, les aspects cytologiques suggèrent un début de déshydratation. Les vacuoles se morcèlent quelque peu, les chondriosomes, tout en restant très longs en majorité, portent des constrictions successives, tandis que *les cellules du liber fonctionnel se chargent d'amyloplastes.* L'amylogenèse paraît plus intense à ce moment qu'à toute autre période de l'année.

5° *En octobre* (*fig.* 5), la déshydratation est manifeste, mais quelques chondriosomes sont encore moyennement longs. Les amyloplastes paraissent moins volumineux qu'en septembre, contrairement à ce que nous attendions, dans le parenchyme du phloème fonctionnel.

6° *En novembre*, l'appareil vacuolaire est morcelé en petites vacuoles sphériques dans le parenchyme récent (*fig.* 6) et, à un moindre degré, dans les cellules anciennes. Le parenchyme récent conserve quelques amyloplastes relativement petits. Les chondriocontes se sont pulvérisés partout en courts éléments dont la plupart laissent voir l'association de deux granules élémentaires seulement.

Le contenu vacuolaire est le plus souvent tannifère, mais on le soupçonne riche en produits de réserve qui nécessiteraient une analyse cytochimique précise.

Ces observations montrent que les cellules parenchymateuses différenciées



Fig. 1. — 12 avril 1956. Cellule de parenchyme du liber tardif de l'automne précédent. *a*, amyloplastes.

Fig. 2. — 7 mai 1956. Parenchyme libérien récent, sans amyloplastes. *v*, petites vacuoles périphériques;

Fig. 3. — 25 mai 1956. Parenchyme du liber ancien, grandes vacuoles tannifères (sombres) et grands amyloplastes (clairs). Chondriosomes associés en longs filaments.

Fig. 4. — 3 juillet 1956. Cellules de parenchyme du liber fonctionnel à longs chondriosomes, mais sans amyloplastes. La partie supérieure montre une accumulation cribrale, quelque peu déplacée, et, à sa droite, une *cellule-compagne cc*.

Fig. 5. — 4 octobre 1954. Cellule de parenchyme libérien ancien; vacuoles, tannifères, et chondriome morcelés.

Fig. 6. — 3 novembre 1955. Parenchyme libérien tardif, devenu amylifère; vacuoles petites et nombreuses, chondriome divisé.

du phloème de *Robinia pseudoacacia* possèdent un chondriome particulièrement réactif, morphologiquement, aux variations saisonnières de l'activité physiologique du phloème. On y retrouve les mêmes effets que ceux qui résultent expérimentalement de l'action de l'eau sur le chondriome, et les mêmes propriétés d'association et de dissociation des particules élémentaires dont sont faits les chondriosomes.

Il est curieux de noter en terminant que les *cellules-compagnes*, en opposition radicale aux amples variations de leurs voisines, montrent, tout au long de leur vie, une structure imperturbée, avec d'innombrables petites vacuoles sphériques et un chondriome homogène, fait exclusivement de granules élémentaires isolés (*fig.* 4, *cc*).

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1402.

CARYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'existence d'une forme systématique normalement trisomique chez* Centaurea paniculata *L.* Note de M. **Marcel Guinochet**, présentée par M. Roger Heim.

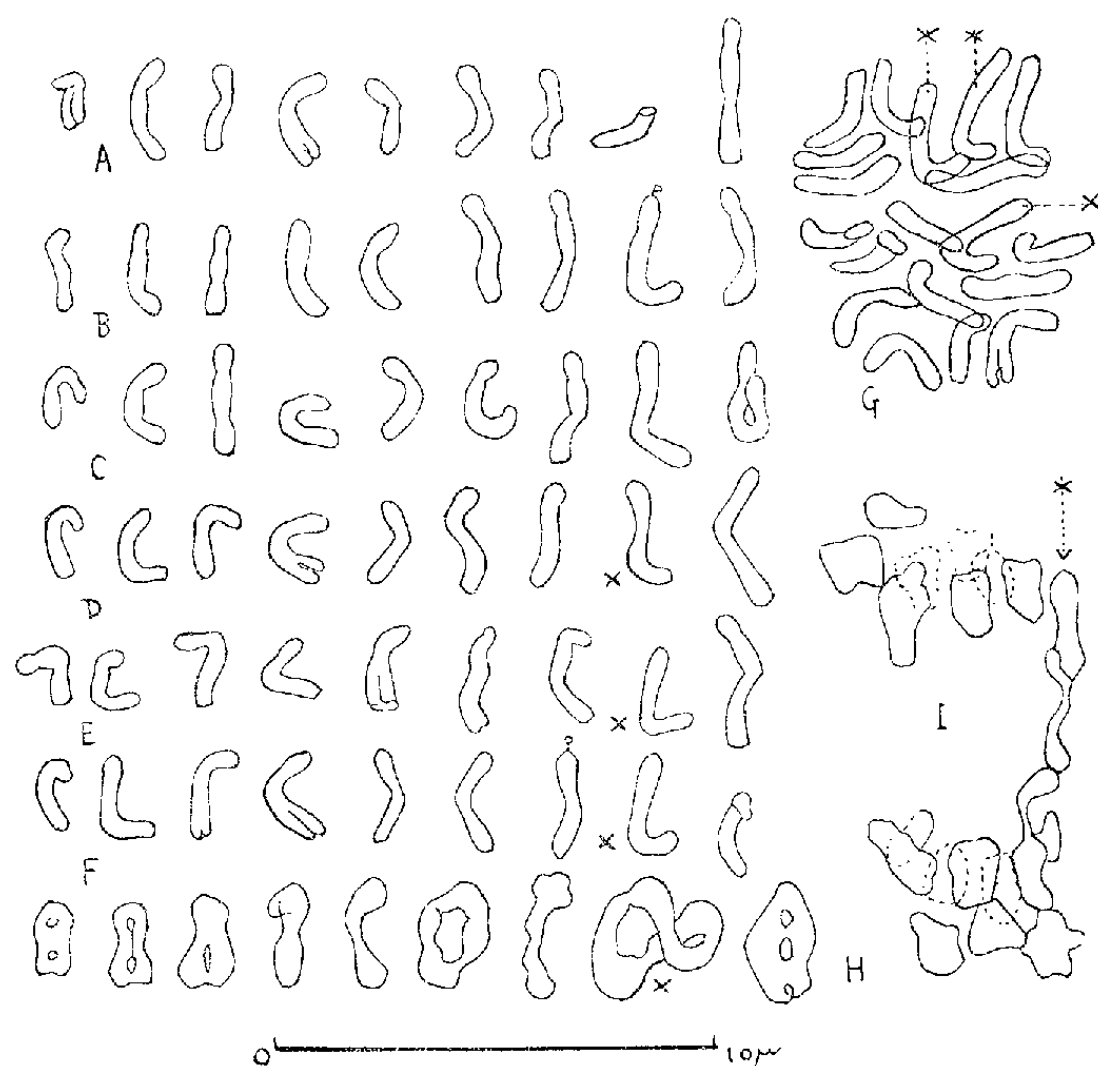
Parmi les nombreuses formes que comporte *Centaurea paniculata* L. compris dans le sens large adopté par Briquet et Cavillier (1), il m'a été permis, à ce jour, d'étudier les suivantes, du point de vue caryologique :

C. paniculata L. ssp. *maculosa* (Lamk.) Briq. (Hérault, au Pas de l'Escalette; Puy-de-Dôme, à Courcourt; Bas-Rhin, environs de Strasbourg); ssp. *controversa* Briq. et Cav. var. *Pseudo-Cineraria* Fiori (= *C. Cineraria* de Not.) (Alpes-Maritimes, entre Beaulieu et Eze); ssp. *leucophæa* (Jord.) Briq. (Alpes-Maritimes, entre Saint-Sauveur et Roubion); ssp. *eu-paniculata* Briq. var. *genuina* Briq. (Rhône, entre Brignais et Givors; Alpes-Maritimes, à Escragnolles), var. *rigidula* Briq. (Alpes-Maritimes, au Cap d'Antibes), var. *esterelensis* Burn. (Var, Agay, au Gratadis); ssp. *coerulescens* Rouy emend. Briq. et Cav. var. *Shuttleworthii* Briq. et Cav. (Var, au Cap Rous entre Agay et Le Trayas).

Toutes ces formes sont à $2n = 18$ chromosomes, sauf la var. *esterelensis* Burn. qui est à $2n = 19$ chromosomes. Ce nombre n'est aucunement accidentel, ainsi que j'ai pu m'en assurer par de nombreuses numérations effectuées sur des échantillons prélevés dans toute l'aire, d'ailleurs réduite (2), de cette variété et répétées plusieurs fois à plusieurs années de distance.

D'autre part le chromosome surnuméraire, qui se repère assez bien dans les mitoses, participe régulièrement, lors de la méiose, à la formation d'un trivalent avec ses deux homologues, qui se retrouvent d'ailleurs eux-mêmes assez aisément, à quelques modifications près, chez les autres formes de *C. paniculata* L.. Ce chromosome surnuméraire n'est donc certainement

pas un chromosome B; le *C. paniculata* L. var. *esterelensis* Burn. est par conséquent bien un vrai trisomique. Quoique n'ayant pu l'observer qu'une seule fois à ce jour, le comportement de ce chromosome lors de l'anaphase I pourrait être le suivant : au lieu de passer tel quel à l'un des deux



Caryotypes de *C. paniculata* L. ssp. *coerulescens* Rouy emend. Briq. et Cav. var. *Shuttleworthii* Briq. et Cav. (A); ssp. *controversa* Briq. et Cav. var. *Pseudo-Cineraria* Fiori (B); ssp. *eu-paniculata* Briq. var. *rigidula* Briq. (C). Une métaphase (G), trois caryotypes (D, E, F) exécutés à partir de trois métaphases distinctes, les huit bivalents et le trivalent (H) et anaphase I (I) de *C. paniculata* L. ssp. *eu-paniculata* Briq. var. *esterelensis* Burn. (le chromosome surnuméraire et le trivalent sont indiqués par une croix).

pôles, il subirait un clivage ayant pour résultat la formation de noyaux polliniques à $n = 10$. Étant donné que le *C. paniculata* L. var. *esterelensis* ne doit pas être apomictique, aucun des quatorze capitules dont les fleurs avaient eu les stigmates supprimés n'ayant fourni d'akènes, il se pourrait donc, contrairement à ce qui a lieu habituellement, que le maintien, au cours des générations, du chromosome surnuméraire soit assuré par une modalité particulière de la méiose dans l'ovule. Mais on ne peut pas encore l'affirmer et ce problème fait l'objet de recherches en cours.

Dès maintenant, en tout cas, l'existence de cette forme normalement trisomique d'une part, et, d'autre part, la comparaison des caryotypes qu'il m'a été permis d'établir pour d'autres races, donnent à penser que des remaniements internes du génome — translocations, déficiences, dupli-

cations, etc. — ont pu jouer un rôle important dans la diversification de cette espèce collective.

(1) E. Burnat, *Flore des Alpes-Maritimes*, 7, par J. Briquet et F. Cavillier, 1931, p. 166-206.

(2) Le *C. paniculata* L. var. *esterelensis* Burn. ne s'éloigne guère à plus de quelques kilomètres de la Maison forestière du Gratadis ; mais il est assez abondant dans cette aire réduite où il se reproduit bien, chaque plante formant de nombreux akènes.

CARYOLOGIE VÉGÉTALE. — *La structure du noyau d'*Allium Cepa. *Ses modifications en rapport avec la physiologie cellulaire.* Note de MM. **Maurice Hocquette** et **Jean-Paul Brunel**, présentée par M. Roger Heim.

En 1929, Heitz a considéré que le noyau interphasique d'*Allium Cepa* renfermait, outre un reticulum plus ou moins marqué, des chromocentres correspondant les uns à la région d'insertion au fuseau (eu-chromocentres) et localisés au pôle nucléaire le plus éloigné de l'équateur fusorial, d'autres observables au pôle opposé et représentant l'extrémité distale de chromosomes; enfin un certain nombre d'amas chromatiques seraient groupés près du ou des nucléoles. Eichhorn classe en 1934 ces noyaux dans la catégorie « à réseau simple ». P. Dangeard (1937) a confirmé les observations de Heitz. Mlle Cécile Delay (1949) admet qu'il existe une structure filamenteuse libre correspondant aux chromonémas dégagés de la matrix reliés parfois par des anastomoses secondaires et des chromocentres granuleux; ces derniers résulteraient de la persistance de substance matricielle et en plus, pour les extrémités distales, de la spiralisation du chromonéma.

Le même auteur signale dans les noyaux quiescents et celui des cellules en voie de différenciation, un affaiblissement de la chromatophilie, un réseau « peu dense », et un « cerne » de chromatine dû à la coalescence de filaments chromonématiques avec le nucléole. Dans les écailles de bulbe, Guilliermond et Gautheret (1936) ont constaté, en utilisant des techniques diverses, une structure soit finement granuleuse, soit réticulaire bien apparente et P. Dangeard un fin reticulum.

Quelle que soit la technique employée nous avons décelé la présence, dans les noyaux interphasiques des méristèmes radiculaires, d'un réseau porteur de fines granulations surtout nodales et de chromocentres peu nombreux, arrondis ou ovalaires, de taille irrégulière, situés au voisinage de la limite nucléocytoplasmique et aussi du ou des nucléoles, mais affectant là souvent des aspects de courtes bandelettes.

Les noyaux quiescents de la zone supraméristématique de la racine se chargent en granules et offrent toute une gamme de chromaticité.

Moins chromophiles, en général, que les noyaux interphasiques, avec des chromocentres plus réduits qui tendent à se confondre avec les autres granulations, certains noyaux quiescents ne présentent qu'un piqueté homogène, d'autres, en revanche, sont plus fournis en chromocentres relativement importants et leur réseau est plus net.

Dans les écailles du bulbe les noyaux renferment des chromocentres peu nombreux, nets, arrondis ou étirés, de taille irrégulière, surtout périphériques, quelquefois prénucléolaires où ils apparaissent unis entre eux dans deux directions ou les trois dimensions de l'espace par des tractus épais. Le ou les nucléoles sont volumineux, très chromatophiles, limités souvent par un liséré plus colorable, d'épaisseur variable et qui leur est propre.

Des cultures de fragments de bulbe nous ont permis d'effectuer des expériences de jeûne et de régénération cellulaire. A la fin du jeûne les noyaux ont fortement diminué de taille; leur diamètre passe pour les cellules épidermiques de 35-40 μ à 15-20 μ, pour les cellules parenchymateuses de 50 μ à 20-25 μ. On constate une diminution générale de la chromaticité, très marquée si l'on compare les volumes relatifs des noyaux avant et après le jeûne; les granulations (*s. lat.*) chromatiques sont très réduites; les chromocentres ne se distinguent plus des autres grains; le reticulum est disloqué par disparition non seulement de ce qu'on pourrait considérer comme des anastomoses secondaires interchromonématiques mais encore de portions chromonématiques; les nucléoles se confondent — quant au volume — avec les autres grains chromatiques ou ont disparu complètement.

La régénération des cellules amenées au maximum d'inanition a été provoquée par le saccharose auquel furent associés l'acide folique, le pantothénate de sodium, les acides β-indol-acétique et β-indol-propionique, le nitrate de sodium, le phosphate mono-potassique, le méso-inositol.

Avec toutes les solutions à base de saccharose et plus ou moins complexes on constate : d'abord, que les granulations persistant après le jeûne s'accroissent, que d'autres apparaissent; ensuite que le nucléole, si de la substance nucléolaire a persisté, s'accroît ou qu'il en naît un, semble-t-il, *de novo*. Enfin, en même temps que la charge en masses chromatiques continue à augmenter, la chromaticité s'étend à des tractus. Un réseau se reconstitue et s'accentue progressivement.

L'acide folique provoque à un faible degré l'amœboïsme puis la fragmentation des noyaux; l'acide folique et le pantothénate de sodium associés ont les mêmes effets; ceux-ci s'accentuent si l'acide β-indol-propionique remplace le pantothénate de sodium; d'ailleurs l'acide β-indol-propionique est encore plus actif seul. L'acide folique et l'acide β-indol-acétique agissant ensemble font apparaître des figures accusées d'interphase; la

présence de bandelettes dans les noyaux montre une tendance aux aspects de début de prophase; les sels de potassium atténuent ces derniers tout en accentuant les processus de fragmentation. Le méso-inositol s'est toujours montré toxique. L'influence de ces diverses substances est analogue à celle que nous avons précédemment indiquée pour d'autres objets; nous tenterons de l'analyser ultérieurement.

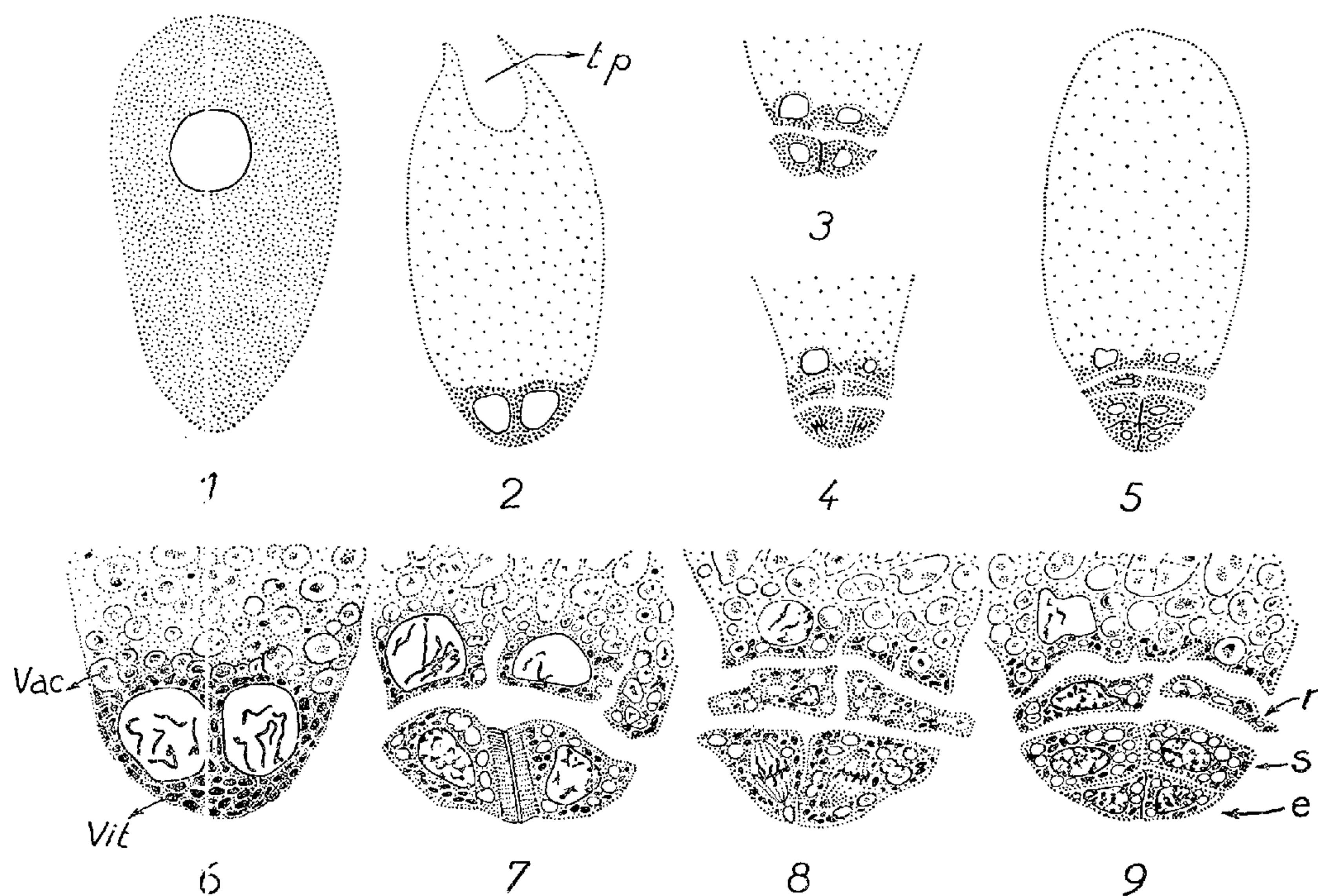
Mais si l'on s'en tient aux aspects des noyaux interphasiques et quiescents des tissus naturels ou soumis aux expériences on peut établir toute une série depuis celle qui tend au type aréticulé mais à nombreuses petites masses chromatiques (différence avec les noyaux aréticulés ne renfermant que des eu-chromocentres) jusqu'au noyau réticulé à chromocentres épais et nombreux et même d'allure préprophasique, avec des intermédiaires : reticulum à travées plus ou moins serrées et épaisses, reticulum et quelques chromocentres. Toutes ces figures, certaines d'entre elles correspondant à des structures décrites par les auteurs cités, sont en rapport avec l'intensité fonctionnelle de la cellule; c'est au maximum de condensation chromatique que correspond la plus grande activité et inversement. Il semblerait, d'autre part, que les figures préprophasiques ne représentent pas, dans nos expériences, un stade précurseur de mitose. Elles seraient le signe d'une grande activité physiologique. Ces observations conduiraient à considérer, comme nous avons déjà été amené à l'admettre pour d'autres objets et d'autres types de noyaux, que l'intervention apparente des chromatines dans les synthèses n'est pas limitée dans un noyau quiescent aux portions hétérochromatiques persistantes des chromosomes mais qu'elle s'étendrait à d'autres régions à la suite de phénomènes de condensation d'acides désoxyribonucléiques en relation avec l'augmentation de l'activité physiologique de la cellule.

BOTANIQUE. — *L'acide ribonucléique dans l'oosphère et le proembryon du* Pinus Laricio var. austriaca. Note de M. **Henri Camefort**, présentée par M. Roger Heim.

Le proembryon du *P. Laricio* se développe au pôle basal du zygote (pôle opposé au micropyle de l'ovule). La migration des quatre noyaux libres, la segmentation qui aboutit au proembryon à 16 cellules sont associées à une accumulation d'acide ribonucléique au pôle basal du zygote. L'acide ribonucléique provient de la digestion des abondantes inclusions vitellines contenues dans l'oosphère.

Chez toutes les espèces du genre *Pinus* le développement embryonnaire débute par la formation d'un proembryon d'abord cœnocytique puis cellulaire. Le noyau du zygote subit deux mitoses successives formant 4 noyaux libres au sein d'un cytoplasme riche en granulations

vitellines. Les 4 noyaux libres émigrent ensuite à la base du zygote (pôle opposé au micropyle) (*fig.* 2). Avec cette migration s'achève la phase cœnocytique du développement proembryonnaire. Les divisions simultanées des 4 noyaux libres construisent 2 étages superposés de 4 cellules pour chacun (stade à 8 cellules) (*fig.* 3). Les cellules du quadrant inférieur sont entièrement limitées par une membrane squelettique, tandis que celles du quadrant supérieur, incomplètement closes, s'ouvrent largement sur la masse vitelline du proembryon. La division des noyaux du quadrant supérieur produit un embryon à 3 étages de cellules (*fig.* 4); cette division est suivie par la mitose des noyaux du quadrant cellulaire inférieur, formant un proembryon à 4 étages de cellules (*fig.* 5).



Oosphère et proembryon du *Pinus Laricio*.

1, localisation du A. R. N. dans l'oosphère.

2, 3, 4, 5, localisation du A. R. N. aux diverses étapes du développement du proembryon (t.p, cavité creusée par le tube pollinique) (× 80).

6, 7, 8, 9, pôle basal du proembryon aux diverses étapes de son développement (vac, vacuole; vit, vitellus; r, rosette; s, suspenseur; e, embryon (× 200).

Il ne sera considéré dans cette Note préliminaire que la localisation de l'acide ribonucléique dans l'oosphère et le proembryon du *P. Laricio var. austriaca*. L'acide ribonucléique (A. R. N.) a été mis en évidence par la méthode histochimique de Brachet (coloration par le mélange vert de méthyl-pyronine, test à la ribonucléase).

1. *Le A. R. N. dans l'oosphère.* — Le cytoplasme des deux ou trois oosphères volumineuses de chaque prothalle femelle contient d'abondantes granulations vitellines pressées les unes contre les autres. Ces inclusions vitellines, d'origine vacuolaire [1], sont de nature lipoprotidique. L'application du test de Brachet aux oosphères révèle une légère basophilie des grains vitellins due à la présence de A. R. N. comme en témoigne la disparition de cette basophilie après action de la ribonucléase. La teinture des inclusions vitellines par la pyronine, demeure assez faible, bien que distincte; la charge en A. R. N. de chaque granulation est donc peu importante mais l'abondance de ces inclusions indique une teneur globale en A. R. N. non négligeable (*fig.* 1).

La fécondation et les mitoses du noyau du zygote ne modifient pas la répartition du A. R. N. Cependant on observe fréquemment après la fécondation, une zone plus basophile à la base du zygote. Cette zone basophile est toujours étroite et, sur certaines préparations, elle ne nous est pas apparue. Sa réalité n'est donc pas indiscutable.

2. *Le A. R. N. dans le proembryon.* — La migration des 4 noyaux au pôle basal du proembryon s'accompagne d'une modification radicale dans la répartition du A. R. N. En effet, lorsque le déplacement des noyaux libres est achevé, la base du proembryon se charge intensément en A. R. N. tandis que le reste du proembryon ne présente plus qu'une basophilie très réduite (*fig.* 2). A ce stade l'examen cytologique révèle que les grains vitellins entourant les 4 noyaux libres n'ont été l'objet d'aucune digestion, mais ont, par contre, accru leur charge en A. R. N. (*fig.* 6).

Au-dessus de ce pôle basophile, et dans toute l'étendue du zygote, le vitellus est l'objet d'une digestion active; de nombreuses vacuoles contenant un vitellus altéré en sont le premier témoignage. L'observation d'inclusions lipidiques libres en est le second témoignage; elles proviennent, sans aucun doute de la rupture des cénapses lipoprotidiques de la matière vitelline en voie de digestion. On peut envisager dans ces conditions que la migration des noyaux est associée à une migration de A. R. N. provenant du vitellus digéré et à une fixation de cet A. R. N. sur le vitellus intact de la base du proembryon.

Les mitoses successives qui construisent le proembryon cellulaire ne modifient pas, dans l'ensemble, la localisation du A. R. N. au pôle basal du proembryon (*fig.* 3, 4 et 5). Néanmoins on doit signaler l'appauvrissement en A. R. N. du quadrant cellulaire supérieur où les granulations vitellines peu nombreuses sont situées près de la membrane séparant ce quadrant des autres cellules du proembryon. Lorsque le développement du proembryon est achevé, la majeure partie du A. R. N. est située dans les cellules de la rosette (*fig.* 9, *r*) dans celles des suspenseurs (*fig.* 9, *s*) et dans les cellules embryonnaires (*fig.* 9, *e*).

Les mitoses qui succèdent à la migration des 4 noyaux, sont accompagnées d'une modification de la *forme* sous laquelle le A. R. N. est présent dans les cellules du proembryon. On observe dès le stade à 8 cellules une digestion des inclusions vitellines basophiles dans le quadrant cellulaire inférieur. Ces inclusions sont à l'origine de nombreuses vacuoles contenant souvent du vitellus altéré et voisinant dans le cytoplasme avec des inclusions vitellines encore intactes (*fig.* 7). Cette digestion des grains vitellins se poursuit dans les stades à 12 et à 16 cellules, et les vacuoles de plus en plus nombreuses, qui en sont l'aboutissement, confèrent au cytoplasme des cellules du proembryon un aspect spumeux très net (*fig.* 9). *Le A. R. N. ainsi libéré de son substrat vitellin s'accumule alors dans le cytoplasme des cellules proembryonnaires auxquelles il donne une très forte basophilie.*

Le stade du proembryon est achevé. Le développement de l'embryon proprement dit, qui débute avec l'élongation des suspenseurs et la prolifération des cellules embryonnaires, coïncide avec l'entrée massive de A.R.N. dans le cytoplasme des cellules du proembryon.

(1) G. MANGENOT, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 364

BOTANIQUE. — *Essai de greffage de* Solanum sisymbrifolium *Lamk.* sur Datura Stramonium *L.* Note de Mlle **MATHILDE PICHENOT**, transmise par M. Louis Emberger.

Les effets du greffage sont encore actuellement très discutés. Certains auteurs considèrent que les modifications apportées par le greffage ne peuvent être considérées comme des « variations spécifiques », alors que pour d'autres elles sont profondes, héréditaires et permettent d'obtenir des « hybrides de greffes ».

Dans le but de préciser cette notion, nous avons pratiqué un certain nombre de greffes herbacées, lesquelles sont, en général, moins faciles à réussir que les greffes ligneuses.

Nous avons notamment tenté des greffes intergénériques de Solanacées, et, en particulier, nous avons essayé de greffer le *Solanum sisymbrifolium* Lamk. sur le *Datura Stramonium* L.

Nous avons utilisé le procédé de la greffe en fente sur des plantes âgées de deux ou trois mois. Nous avons opéré en mai et en juin, sur des individus en pots, et nous avons maintenu les plantes ainsi greffées, d'abord sous châssis et à l'ombre, puis à l'air libre, avant de les repiquer en pleine terre.

60 % environ de nos greffes ont réussi, et nous avons pu suivre le déve-

loppement des pieds greffés en le comparant à celui de plants témoins. Nous avons pris soin d'autre part d'isoler chaque lot de plantes sous filet de gaze fine, afin d'éviter toute hybridation naturelle.

Nous avons ainsi constaté que les pieds greffés étaient plus robustes que les pieds témoins de *Solanum sisymbrifolium*, qu'ils avaient un feuillage plus dense et d'un vert plus foncé et que leurs feuilles étaient nettement plus grandes; c'est ainsi qu'à la fin de juillet, la longueur maxima des feuilles chez les *Solanum* témoins (17 cm) était nettement inférieure à la longueur moyenne de ces organes chez les *Solanum* greffés (20 cm).

Les fleurs, de même couleur, ont apparu plus tardivement sur les pieds greffés que sur les pieds témoins. Les mesures que nous avons effectuées, au mois de juillet, sur les inflorescences soulignent nettement ce retard dans la floraison; alors que les inflorescences atteignaient jusqu'à 15 cm de longueur chez les *Solanum* témoins, elles avaient seulement 8 à 10 cm sur les plants greffés, et il y avait plus de fleurs en bouton chez les secondes que chez les premières. Par contre, ultérieurement, la longueur des inflorescences des pieds greffés a atteint en moyenne 21 cm, dépassant ainsi celle des témoins, chez lesquels le maximum observé a été de 17 cm. Quant au nombre de fleurs de chaque inflorescence, il a été en moyenne de 10 pour les témoins et de 13 pour les individus greffés.

Nous avons également observé des différences dans les dimensions des fleurs; celles portées par les plants greffés étaient nettement plus grandes que celles des plants témoins, leur corolle ayant en moyenne 4 cm de diamètre, alors que celle des témoins n'avait que 2,8 cm en moyenne.

En ce qui concerne la fructification, le retard que nous avions observé au moment de la floraison s'est maintenu; les plants témoins de *Solanum* étaient entièrement en fruits, alors que les plants greffés avaient encore beaucoup de fleurs. Quant aux fruits eux-mêmes, ils ont été plus nombreux sur les pieds greffés, 10 à 12 par infructescence, alors qu'il n'y en avait que 7 en moyenne sur les pieds témoins. Les baies avaient la même coloration rouge, mais celles des pieds greffés étaient plus grosses, leur diamètre moyen étant de 1,70 cm, alors que celles des pieds témoins avaient seulement 1,30 cm. De même les premières renfermaient un nombre plus élevé de graines, 165 en moyenne, au lieu de 119. Sans doute, dans ces baies à nombre de graines plus élevé, 20 % environ de ces graines apparaissaient comme mal constituées et se sont révélées incapables de germer, alors que dans les baies des témoins toutes les graines étaient normalement conformées. Il n'en reste pas moins que, malgré ce déchet, il y avait plus de graines saines dans les fruits des pieds greffés que dans ceux des témoins.

Nous avons donc obtenu par le greffage des modifications morphologiques incontestables, se traduisant notamment chez les individus issus du développement du greffon par une plus grande vigueur, un feuillage plus

abondant et plus développé, des fleurs plus nombreuses et plus grandes, des fruits également plus nombreux et plus gros, renfermant un nombre de graines plus élevé.

Toutefois, il était intéressant de savoir si ces modifications avaient un caractère transitoire ou si, au contraire, elles se maintiendraient dans les générations ultérieures, prenant ainsi un caractère héréditaire.

A cet effet, nous avons, au printemps suivant, semé un certain nombre de graines que nous avions récoltées sur les pieds greffés, et nous avons ainsi obtenu une nouvelle génération, F 2 de *Solanum sisymbrifolium*. Nous avons pu alors observer que les modifications morphologiques constatées chez la première génération se maintenaient dans la seconde. En outre, nous avons obtenu dans cette seconde génération F 2 une floraison sensiblement plus précoce et plus prolongée que chez les plants de *Solanum* témoins; c'est ainsi que la durée moyenne de la floraison a été de 89 jours pour les témoins et de 100 jours pour les plants de F 2. D'autre part le pourcentage de graines saines est redevenu analogue à ce qu'il était chez les témoins.

Il est donc incontestable que la greffe sur *Datura Stramonium* a amené dans le développement du *Solanum sisymbrifolium* des modifications notables, qui ont permis d'obtenir une race « améliorée », laquelle s'est maintenue par semis de graines.

Si les individus de cette race ont conservé tous les caractères morphologiques du *Solanum sisymbrifolium*, sans qu'aucun caractère du *Datura Stramonium* ne se soit manifesté, ni chez eux, ni dans leur descendance, on doit tout de même considérer que le porte-greffe a modifié dans un sens favorable le développement du greffon et que le second a bénéficié des substances élaborées par le premier.

MYCOLOGIE. — *Sur les asques des* Taphrina (*Hémiascomycètes*).

Note de M. **Alain Schneider**, présentée par M. Roger Heim.

On sait depuis longtemps que chez les Hémiascomycètes du *g. Taphrina*, l'organe qualifié asque procède bien, comme l'asque typique des Eu-Ascomycètes, d'un zeugite, cellule génératrice dans laquelle une caryogamie sexuelle réunit en un noyau diploïde unique deux noyaux haploïdes d'abord séparés. Dans un précédent travail, relatif au *T. deformans* (Berk.) Tul. [1], j'ai donné quelques précisions nouvelles sur ces deux noyaux qui, dans le cas particulier de cette espèce, constituent un *pseudo-dicaryon*, non un dicaryon véritable. Restait à savoir jusqu'à quel point l'asque des *Taphrina* possède aussi la structure des asques typiques, leurs deux tuniques (*exo-* et *endoascus*) et leur *appareil apical*.

Pour cela mes observations ont porté sur le *Taphrina populina* Fr. L'examen dans une solution de potasse des asques de cette espèce y met en évidence des structures invisibles ou peu visibles sur le vivant. Dans ces conditions, les différents stades de leur développement apparaissent ainsi :

1. Les cellules ascogènes (zeugites) possèdent deux parois (*fig.* 1), l'une externe ou *vagina*, commune à toutes ces cellules, l'autre interne ou *locula*, propre à chaque cellule, dont elle enveloppe immédiatement le cytoplasme ([2]), séparées par une substance hyaline, se gonflant sous l'action de la potasse.

2. Chaque cellule ascogène bourgeonne à sa partie supérieure un asque, dans lequel la *locula* s'accole à la *vagina*, dont elle devient indistincte, pour former avec elle la tunique externe de l'asque, ou *exoascus* (*fig.* 2). Ensuite, en dedans de cette tunique externe, apparaît une membrane péricytoplasmique, séparée de la *locula* par une *lame intermédiaire*, composée d'une substance analogue à celle qui, dans la cellule ascogène, séparait *vagina* et *locula*, et également gonflable par la potasse (*fig.* 3) : l'ensemble de cette lame intermédiaire et de la membrane péricytoplasmique constitue la tunique interne de l'asque, ou *endoascus*.

A la façon d'un asque typique, l'asque du *Taphrina* se trouve ainsi pourvu de deux tuniques distinctes : un *exo-* et un *endoascus*. On remarquera comment la première de ces tuniques dérive des deux parois de la cellule ascogène, fusionnées entre elles sur les côtés et le sommet de l'asque, mais encore distinctes à sa base, tandis que la seconde représente, au contraire, une néo-formation (*fig.* 3 et 4).

3. Ces deux tuniques étant ainsi formées, il y a différenciation des deux extrémités de l'asque, par des modifications de l'endoascus.

A sa partie inférieure, la lame intermédiaire s'amincissant et perdant toute aptitude au gonflement, la membrane péricytoplasmique s'unit à l'exoascus. Juste au-dessus de la région où s'effectue cette réunion, cette lame au contraire s'épaissit, de façon à transformer l'endoascus en un *bourrelet annulaire* (*a*, *fig.* 4). Par rétrécissement, puis disparition totale de sa lumière, ce bourrelet devient un *diaphragme*, séparant de l'asque proprement dit la chambre basilaire connue sous le nom de *cellule-pied* (*fig.* 4).

A sa partie apicale, l'asque présente un renflement, la *chambre sous-apicale* (*c*, *fig.* 4), délimitée par un *bourrelet sous-apical* (*b*, *id.*). Au sommet de ce renflement, sur la zone délimitée par sa plus grande circonférence, la lame intermédiaire change de nature : elle ne se gonfle que très peu sous l'action de la potasse et ne se colore plus par le rouge Congo, la benzoazurine, la benzopurpurine ou l'iode, qui la colorent partout ailleurs. Elle se transforme ainsi en un mince *dôme apical*, de consistance ferme, unissant solidement la membrane péricytoplasmique à l'exoascus (*d*, *fig.* 4).

L'asque du *Taphrina populina* se trouve de la sorte posséder non seulement deux tuniques, comme celui des Eu-Ascomycètes, mais aussi un *appareil apical* comprenant, comme par exemple celui des Érysiphacées, selon M. Chadefaud [3], une *chambre sous-apicale*, délimitée par un *bourrelet*

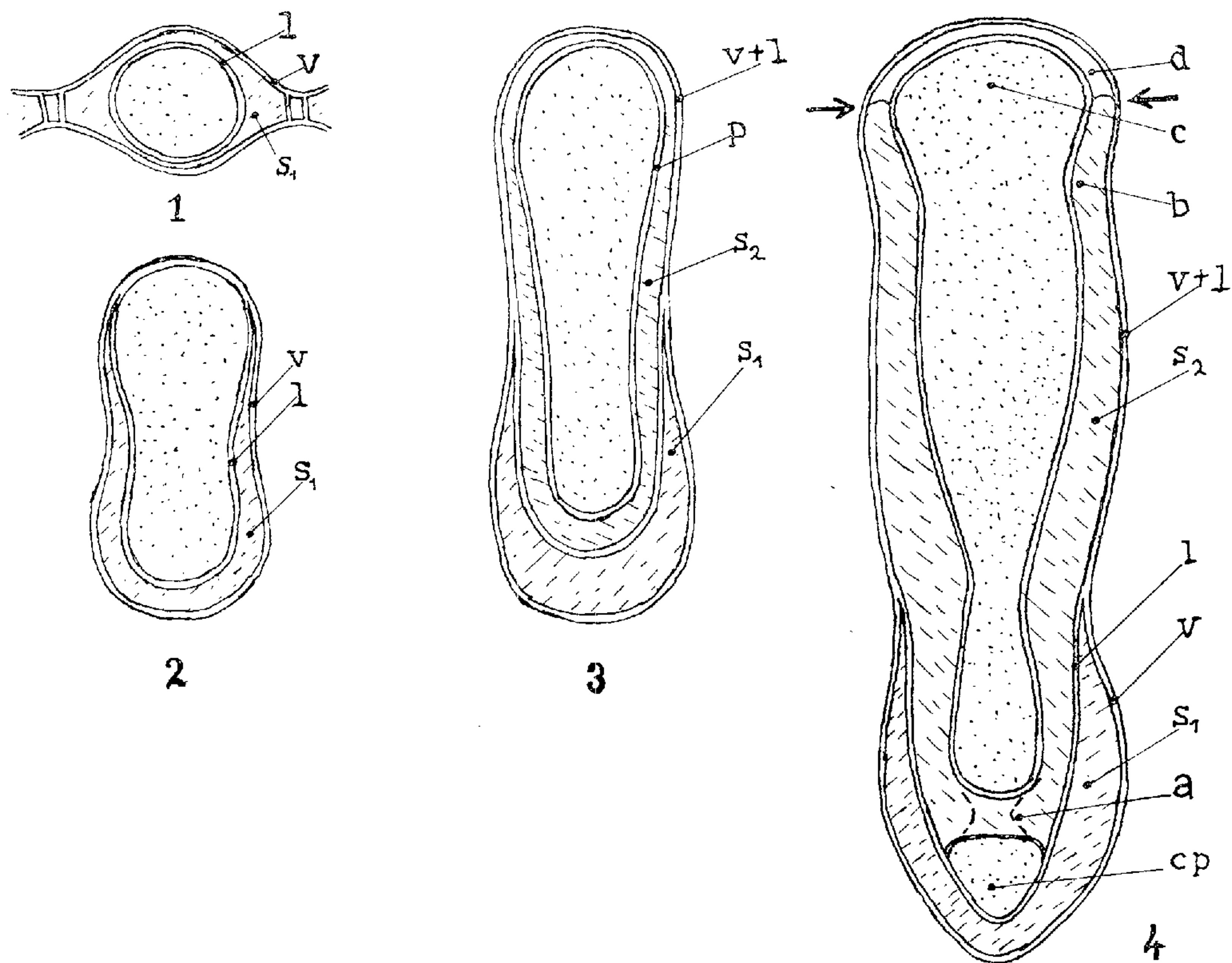


Fig. 1 à 4. — L'asque de *Taphrina populina* Fr. (= *T. aurea* Pers.).

l et *v*, locula et vagina de la cellule ascogène; s_1, substance hyaline, gonflable par la potasse, les séparant; $v + l$, exoascus, formé par la réunion de la vagina et de la locula de la cellule ascogène; *p*, membrane péricytoplasmique, formant la partie interne de l'endoascus; s_2, lame intermédiaire de substance hyaline, gonflable par la potasse, formant sa partie externe; *a*, bourrelet antapical qui, se transformant en un diaphragme, sépare du reste de l'asque la chambre antapicale *cp* (= prétendue cellule-pied), autour de laquelle la membrane *p* est unie à l'exoascus (plus exactement à la partie interne de celui-ci, constituée par la locula *l*); *b*, bourrelet sous-apical, délimitant la chambre sous-apicale *c*, sur laquelle la membrane *p* est unie à l'exoascus, par le dôme apical *d* (autour de celui-ci, les flèches indiquent la ligne de déhiscence).

sous-apical et coiffée par un *dôme apical*, lequel se forme dans la tunique interne et ne se colore pas par les réactifs de celle-ci. Un tel appareil, dont la pièce essentielle est le *dôme apical*, complète l'analogie de structure avec l'asque des Ascomycètes typiques.

Comme chez ceux-ci, la différenciation de l'appareil apical est d'ailleurs en rapport avec la déhiscence, qui s'effectue par la rupture circulaire des parois ascales autour du dôme apical, provoquant la chute d'une calotte operculaire, dans laquelle ce dôme est inclus.

Quant à la prétendue *cellule-pied*, qui a paru jusqu'à présent être une formation caractéristique de certains *Taphrina*, ce n'est pas une véritable cellule, puisqu'elle ne possède jamais de noyau. Il paraît possible de l'interpréter en remarquant que certains asques typiques : ceux du *Peltigera canina* Hoffm., selon F. Magne (4), possèdent non seulement un appareil apical, mais aussi un *appareil antapical*, sorte de réplique de l'appareil apical, différenciée dans leur base. La cellule-pied serait alors un *chambre antapicale*, homologue à la *chambre sous-apicale*; le bourrelet transformé en *diaphragme*, qui la sépare du reste de l'asque, serait la réplique antapicale du *bourrelet sous-apical*; dans sa paroi, l'*accolement antapical* de la membrane péricytoplasmique à l'exoascus équivaudrait à l'accolement analogue réalisé, sur la chambre apicale, par la différenciation du *dôme apical*.

On arrive ainsi à la notion que l'asque des *Taphrina* possède une organisation comparable à celle des asques typiques. Malgré cela, un problème demeure pourtant en suspens : jusqu'à quel point les structures comparables qui viennent d'être analysées sont-elles réellement homologues, ou au contraire seulement le résultat de convergences ? On ne saurait en effet oublier que dans les asques typiques l'endoascus paraît en continuité avec la locula de la cellule ascogène, tandis que chez *T. populina* il représente une néo-formation.

(1) *Ann. Éc. Nat. Sup. Agr. Toulouse*, 3, 1955, p. 51-59.

(2) Les notions de *vagina* et de *locula* sont empruntées, avec son approbation, à M. Chadefaud (*in lit.*, inédit), selon qui les parois des Algues et Champignons filamenteux comprennent, en principe, une *vagina* tubuleuse, enveloppant l'ensemble des cellules, une *locula* enveloppant séparément chaque cellule, à l'intérieur de la vagina, et enfin des *appareils interloculaires*, interposés entre les cellules, également à l'intérieur de ce tube.

(3) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1445.

(4) *Rev. Bryol. et Lichénol.*, 15, 1946, p. 203-209.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Localisation de l'organisateur de la glande uropygienne chez l'embryon de Canard.* Note de M. **Lucien Gomot**, présentée par M. Maurice Caullery.

La culture *in vitro*, sur le milieu standard d'Et. Wolff et K. Haffen (1), du bourgeon caudal d'embryons de canard de 9 jours et surtout de 10 et 11 jours, ayant permis la formation des invaginations uropygiennes qui apparaissent normalement chez l'embryon entre le 11e et le 12e jour de l'incubation, nous avons essayé de mettre en évidence le ou les tissus de ce bourgeon caudal qui ont un rôle important dans l'induction de ces dépressions glandulaires.

A cette fin, nous avons séparé les différents tissus de ce bourgeon caudal et suivi leur évolution, en culture, sur le même milieu, soit séparés, soit en association avec divers tissus.

La partie sécrétrice de la glande uropygienne étant essentiellement de nature ectodermique, nous avons isolé l'ectoderme du bourgeon caudal et laissé évoluer séparément les deux parties. Aucune des deux ne donne une morphogénèse. Le mésoderme du bourgeon caudal, privé de sa couverture ectodermique, prend un aspect granuleux blanchâtre et se nécrose au bout de quelques jours. L'ectoderme se ratatine et donne une boule de cellules indifférenciées, avec de gros grains de pigments noirs.

Afin de déterminer si l'ectoderme et le mésoderme de cette région sont spécifiques, nous avons procédé à des transferts d'ectoderme caudal sur du mésoderme de n'importe quelle région de l'embryon et d'ectoderme quelconque sur le bourgeon caudal.

Dans la grande majorité des cas, le bourgeon caudal d'embryons de 10 et 11 jours recouvert d'ectoderme quelconque — séparé mécaniquement ou par macération à la trypsine — a donné des invaginations ou des fentes épidermiques typiques après 3 ou 4 jours de culture. Seules quelques cultures peu vivaces n'ont donné aucune morphogénèse.

L'ectoderme caudal de la région glandulaire d'embryons de 10 et 11 jours, transféré sur le mésoderme du dos — isolé par macération dans le versène — contribue à la formation de germes plumaires. Nous observons une légère morphogénèse de type glandulaire, sous forme d'un réseau de petites fentes ectodermiques, seulement dans le cas où l'ectoderme d'invaginations déjà profondes est transplanté sur le mésoderme d'une région où les plumes n'apparaissent que très tard : flanc ou face inférieure de l'aile.

Nous avons aussi effectué des changements d'orientation de 90 et 180° de l'ectoderme glandulaire sur son mésoderme et des invaginations se sont formées suivant l'orientation du mésoderme. Toutefois, dans certains cas, la région recouverte par l'ectoderme de la région glandulaire est plus ou moins tourmentée et parfois présente quelques petites fentes.

Nous pouvons déjà conclure que la formation des invaginations uropygiennes nécessite un revêtement ectodermique, mais ne dépend pas d'un ectoderme spécifique ([3]). Dans le cas où ce dernier donne un semblant de morphogénèse glandulaire, nous pensons qu'il s'agit déjà d'un ectoderme bien particulier, puisqu'il est très épais au fond des invaginations, à cause des nombreuses mitoses dont il est le siège et que ces mitoses se continuent encore pendant quelques jours en culture, donnant ainsi des replis ectodermiques.

Nous avons ensuite essayé de localiser d'une manière plus précise l'organisateur de cette glande, en séparant la couche dorsale de mésoderme sous-ectodermique du bourgeon caudal. Cette couche de mésoderme se

détache du reste du bourgeon suivant la ligne phosphatasique alcaline mise en évidence précédemment ([2]). Nous avons mis en culture cette mince couche de mésoderme recouverte de son ectoderme et les invaginations se sont formées aussi bien que lorsque le bourgeon est complet. Il en est de même si nous remplaçons l'ectoderme caudal par de l'ectoderme quelconque. Par contre, tous les essais d'association du soubassement caudal privé de la souche de mésoderme sous-ectodermique avec une couche de mésoderme et d'ectoderme quelconques n'ont donné aucune morphogénèse glandulaire.

Ainsi, il semble, à ce stade au moins, que nous puissions localiser l'organisateur de la glande uropygienne dans la couche de mésoderme sous-ectodermique du bourgeon caudal. La formation de cette glande résulte donc d'une interaction mésoderme-ectoderme dans laquelle seul le mésoderme est spécifique.

([1]) *J. Exp. Zool.*, 119, 1952, p. 381-402.

([2]) L. Gomot, *C. R. Soc. Biol.*, 150, n° 5, 1956, p. 910-913.

([3]) Alors que le développement des portions distales du membre dépend d'un ectoderme spécifique, celui de la crête apicale du bourgeon de membre (Ed. Zwilling, *J. Exp. Zool.*, 128, n° 3, 1955, p. 423-441).

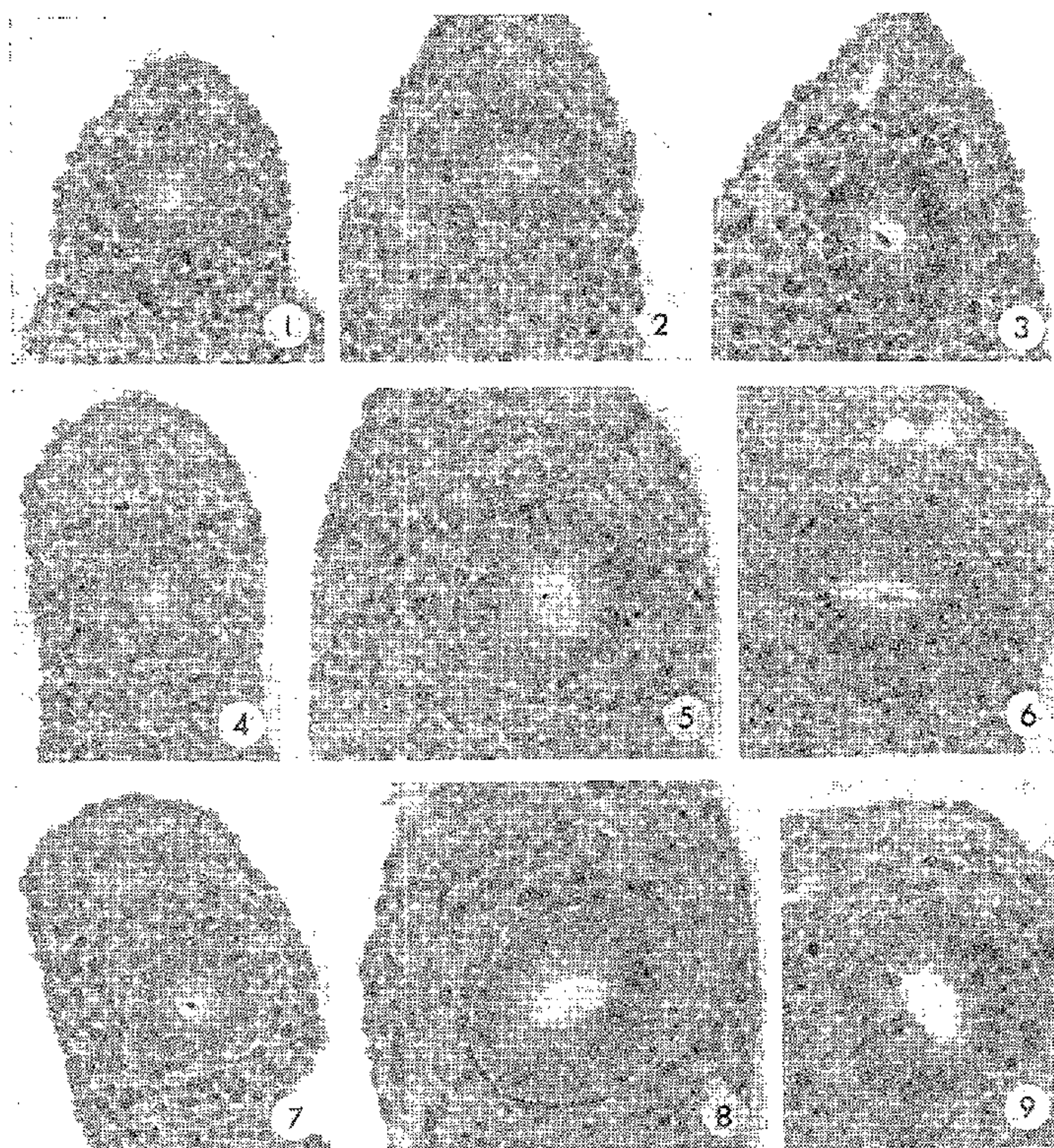
EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Réaction précoce, à l'hormone œstrogène, des canaux de Müller du fœtus de Souris.* Note de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les observations initiales de R. Courrier chez le Cobaye ([1]), de R. Courrier et G. Gros chez le Chat ([2]), ont montré que la corne utérine du fœtus de Mammifère, s'hypertrophie au voisinage du terme sous l'effet des hormones femelles. Les expériences ultérieures entreprises pour réaliser l'intersexualité fœtale par l'action des hormones femelles, ont étendu ce résultat à des stades un peu plus précoces et établi que les canaux de Mlüler du fœtus (de Rat, de Souris, etc.) réagissent à l'hormone œstrogène : ils sont hypertrophiés chez les fœtus femelles et maintenus chez les fœtus de sexe mâle.

Mais, dans ces diverses expériences, le stade auquel le canal de Müller commence à réagir à l'hormone œstrogène, n'avait pas été précisé; et, presque toujours les fœtus provenant des mères traitées avaient été sacrifiés au voisinage du terme de la gestation. Du fait de la persistance des canaux de Müller chez les fœtus mâles soumis à l'influence œstrogène, on pouvait induire que ces gonoductes avaient été soumis à une stimulation précoce; mais, dans le maintien du canal de Müller mâle, deux processus pouvant intervenir (suppression d'une inhibition et stimulation

par l'œstrogène), on n'avait pu déterminer si l'hormone femelle exerçait précocement une action stimulante directe sur le canal de Müller.

Afin de déterminer à quel stade le canal de Müller commence à réagir à l'hormone œstrogène, j'ai entrepris l'étude des effets, sur les canaux de Müller des fœtus femelles, d'une hormone œstrogène injectée à la



Photographies (Gr. = 203) de sections histologiques de la partie craniale du canal de Müller droit de fœtus femelles de Souris témoins (provenant d'une mère ayant reçu une injection d'huile d'olive neutralisée) et de fœtus traités (provenant d'une mère ayant reçu du dipropionate d'œstradiol pendant la gestation). 1, 4, 7 : fœtus témoins âgés respectivement de 14 j, 10 h; 15 j, 10 h et 16 j, 11 h, pesant respectivement 286, 449 et 604 mg; 2 et 3 : fœtus traités âgés de 14 j, 10 h, pesant respectivement 276 et 297 mg; 5 et 6 : fœtus traités âgés respectivement de 15 j, 11 h et 15 j, 9 h et pesant 457 et 510 mg; 8 et 9 : fœtus traités âgés respectivement de 16 j, 9 h et 16 j, 10 h pesant 550 et 585 mg.

Souris gravide. Dix souris ont reçu des injections sous-cutanées de dipropionate d'œstradiol [hormone purissime (F $105^\circ \pm 1$, bloc et $[\alpha]_D + 38^\circ \pm 1$, dioxane) en solution dans l'huile d'olive neutralisée] au cours de la gestation; la première a reçu 2,25 mg au stade de 11 jours et a été sacrifiée au stade de 13 jours; 8 autres souris gravides ont reçu, chacune, au stade de 11 jours, 2,25 mg et au stade de 13 jours, 600 µg de dipropionate d'œstradiol; elles ont été sacrifiées au stade de 14 jours (2 portées) de 15 jours (3 portées), de 16 jours (2 portées), et de 17 jours (1 portée).

Une autre femelle, traitée dans des conditions voisines, a été sacrifiée au stade de 14 jours. Les fœtus ont été prélevés dans les cornes utérines, pesés et fixés (injections aux souris et prélèvement des fœtus ont été effectués par Mme Raynaud), coupés en série et étudiés histologiquement (17 fœtus). Pour servir de témoins, 4 souris ont reçu aux stades de 11 et de 13 jours de la gestation, une injection d'huile d'olive pure neutralisée; leurs fœtus ont été sacrifiés aux stades de 14, 15, 16 et 17 jours et étudiés comme les précédents; des fœtus femelles normaux ont été aussi utilisés pour cette étude.

Les résultats de cette expérience sont les suivants :

1° Au stade de 13 jours, les fœtus femelles provenant de la mère injectée, pesant 134 et 149 mg, présentent des canaux de Müller incomplètement développés et très étroits;

2° Chez les fœtus femelles âgés de 14 jours, pesant de 270 à 300 mg, les canaux de Müller ont réagi à l'hormone œstrogène, surtout dans leur partie craniale; la réaction est encore faible à ce stade : incertaine chez deux fœtus (pesant 214 et 270 mg), elle est décelable, quoique faible chez deux autres (pesant 276 mg) et nette chez un cinquième (pesant 297 mg); elle se traduit par : *a.* une hypertrophie légère du canal (45-50 μ de diamètre dans sa partie craniale, du côté droit, chez les témoins pesant 286 et 298 mg, 57 et 63 μ à un niveau correspondant, chez les deux traités ayant le plus réagi); *b.* des modifications du mésenchyme entourant les gonoductes : formé, chez les témoins, de cellules à petits noyaux à suc nucléaire clair, serrées, irrégulièrement disposées, ce mésenchyme présente chez les traités, des noyaux uniformément teintés, plus espacés, séparés par des espaces clairs, et qui tendent à se disposer parallèlement à la surface du canal de Müller (*fig.* 2 et 3).

3° Les canaux de Müller des fœtus femelles âgés de 15 jours (pesant de 400 à 500 mg), provenant des mères traitées (5 fœtus étudiés) sont fortement hypertrophiés; l'hypertrophie est, ici aussi, très accusée dans la portion supérieure, craniale des canaux; elle s'observe tout le long des canaux jusqu'au cordon génital où les canaux subissent un rétrécissement. Voici quelques mensurations relatives à la portion craniale du canal de Müller droit : le diamètre est voisin de 45 μ chez les témoins; il atteint 54-76 μ chez les fœtus provenant des mères traitées; la hauteur des cellules, comprise entre 17 et 20 μ chez le témoin, atteint 20-30 μ chez les traités; dans une section transversale du canal on dénombre une trentaine de noyaux chez le témoin, 38 à 69 chez les traités. L'enveloppe mésenchymateuse des canaux (repli gonoductaire) présente également un fort élargissement; les cellules mésenchymateuses sont plus largement espacées et se disposent en couches concentriques, formées de noyaux allongés, autour du canal de Müller (*fig.* 5 et 6).

4° Aux stades ultérieurs (16 et 17 jours), l'hypertrophie des canaux de Müller se poursuit (*fig.* 8 et 9).

Ainsi, notre étude montre que le canal de Müller des fœtus femelles de Souris commence à réagir dès le stade de 14 jours, aux hormones œstrogènes injectées à la mère gravide; c'est là une réaction précoce puisque le canal de Müller commence à se former au 12e jour et qu'il n'atteint le sinus urogénital qu'au stade de 14 jours.

L'expérimentation a montré que les canaux de Müller peuvent se développer après ablation des gonades embryonnaires (après ablation des ovaires chez le fœtus de Lapin, A. Jost, 1947); mais la question reste posée de savoir si, au cours du développement normal, l'ovaire fœtal ne stimulerait pas légèrement le développement de ces canaux. La capacité de réaction précoce des conduits de Müller à l'hormone œstrogène, mise en évidence par notre expérience, est, peut-être, liée à l'existence d'une réactivité normale précoce de ces conduits, à une hormone ovarienne sécrétée au cours du développement fœtal normal; nous pensons que nos observations sont favorables à la conception dihormonique de la différenciation sexuelle des gonoductes.

(1) R. Courrier, *Proc. sec. Int. Congress for sex research*, 1930, Greenwood, édit., Londres, 1931, p. 352.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **110**, 1932, p. 1021.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Le rectum ne participe pas à l'édification de la partie postérieure de l'uretère primaire; démonstration expérimentale* (*Amphibiens Anoures*). Note de M. **Jean-Daniel Gipouloux**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'uretère primaire des Amphibiens est édifié par l'allongement en direction caudale d'un blastème précocement situé au contact de l'ébauche pronéphrétique. Pendant sa croissance, ce blastème urétéral possède une structure massive, compacte. Il est précédé, à son extrémité postérieure, par une « languette cellulaire » très étirée, constituée par un petit nombre de cellules non cohérentes (50 ou 60 environ).

Chez les Urodèles (O'Connor, 1940), aussi bien que chez les Anoures (Van Geertruyden, 1948), on peut empêcher l'allongement de l'ébauche urétérale en direction caudale, par interposition d'un greffon sur la « voie » présomptive suivie par cette ébauche. La croissance du blastème est interrompue au niveau du greffon. Postérieurement à ce dernier, aucune formation urétérale n'est édifiée.

Toutefois, chez les Urodèles comme chez les Anoures, différents auteurs

observent une « duct-like structure » (nous traduisons ce terme par « pseudo-uretère ») considérée par eux comme étant d'origine rectale. En effet, cette formation est normalement insérée sur le rectum, dans lequel elle débouche; elle possède l'aspect typique de l'uretère primaire normal. La longueur de ce « pseudo-uretère » est faible : 100 à 200 μ. Sa présence n'est pas constante dans une même série opératoire (Van Geertruyden ne la décrit que dans 30 % des cas chez *Rana fusca*).

La situation et la structure de ce pseudo-uretère suggèrent qu'il pourrait contribuer, au cours du développement, à l'édification de la partie postérieure de l'uretère primaire. Ce dernier serait donc formé par deux constituants d'importance très inégale : la majeure partie provenant de l'extension de l'ébauche urétérale mésodermique, alors que la partie terminale serait édifiée par un diverticule rectal (Holtfreter 1944, Cambar 1949). Mais, depuis cette dernière date, aucune recherche n'a confirmé ces résultats que certains auteurs n'avaient pas réussi à obtenir (Cambar, résultats non publiés).

Notre travail a pour but de confirmer ou d'infirmer l'existence de pseudo-uretères ou, tout au moins, d'essayer d'expliquer les résultats capricieux obtenus concernant l'édification de ces structures.

Matériel et techniques. — Les opérations sont effectuées chez l'embryon du Crapaud commun, *Bufo bufo* L., au stade II_{13} [1] (le blastème urétéral commence seulement à s'allonger en direction caudale). Le greffon est placé sur la « voie » présomptive suivie par l'uretère, de manière à interrompre la croissance normale du conduit vers le rectum. Il est situé, soit au voisinage immédiat du blastème urétéral (type I), donc dans la partie antérieure de la « voie » présomptive de l'uretère, soit au niveau du tiers postérieur de l'embryon (type II), donc dans la partie postérieure de cette « voie ». Le greffon est implanté sous l'ectoderme, après soulèvement d'une bride ectodermique destinée à le maintenir en place. Le matériel greffé consiste en diverses ébauches d'organes prélevées sur des embryons de même âge que les embryons opérés. La cicatrisation est rapide. Les embryons ou larves sont fixés 2, 5, 15, 30 jours après l'opération.

Résultats. — Dans les expériences de type I, l'uretère est interrompu au niveau du greffon. Cette portion urétérale antérieure subit une forte hydronéphrose. Mais, en outre, postérieurement au greffon, une portion d'uretère a été édifiée et débouche dans le rectum. Sa longueur est faible (100 à 300 μ), sa situation typiquement celle de la partie postérieure de l'uretère. Elle correspond donc exactement à la « duct-like structure » des auteurs de langue anglaise. Le calibre de ce pseudo-uretère, d'abord réduit, acquiert la taille normale, dès que les unités mésonéphrétiques, dont il induit la morphogenèse, deviennent fonctionnelles.

Dans les expériences de type II, l'uretère est également interrompu

au niveau du greffon. Mais, en aucun cas, on ne trouve une portion, même minime, d'uretère postérieurement au greffon. Comme dans le cas précédent, une forte hydronéphrose atteint tout le système pronéphrétique du côté opéré.

Discussion. — Placé antérieurement (type I), le greffon empêche l'extension de la majeure partie du blastème en direction caudale. Mais les cellules de la « languette cellulaire » terminale échappent à cet obstacle trop antérieur. Elles effectuent donc leur migration normale et édifient un fragment d'uretère situé au contact du rectum.

Au contraire, si le greffon est placé postérieurement, bien au-delà de la languette cellulaire (type II), il empêche la migration de la totalité des cellules du blastème, y compris la languette cellulaire terminale elle-même.

D'après la situation du greffon, nous pouvons donc provoquer, ou non, la formation de la structure pseudo-urétérale, à laquelle divers auteurs ont faussement attribué une origine rectale. Ainsi, nous pensons être en mesure d'affirmer que ces « pseudo-uretères » sont des « artefacts » d'origine expérimentale, et ne correspondent pas à des formations normalement apparues au cours de la morphogenèse. Ils sont édifiés par les cellules extra-blastématiques de l'ébauche urétérale, dont la migration peut être interrompue expérimentalement. Le pouvoir inducteur exercé par ces cellules sur la morphogenèse du blastème mésonéphrétique confirme leur origine urétérale et non rectale.

D'autres types d'expériences sont en projet, qui ont pour but de confirmer cette interprétation de l'origine des structures pseudo-urétérales.

(1) R. Cambar et J.-D. Gipouloux, *Bull. Biol.*, 90, (2), 1956, p. 198-217.

BIOLOGIE. — *Sur la fréquence relative de la monstruosité double et le degré d'instabilité de l'orientation de l'œuf dans l'utérus, chez différents Oiseaux.* Note de MM. **Pierre Vintemberger** et **Jean Clavert**, présentée par M. Robert Courrier.

Les données d'ordre statistique, d'ordre expérimental, et celles relatives à la disposition des chalazes, que nous avons recueillies, chez différents Oiseaux, sur les œufs à embryons doubles, nous conduisent à envisager les changements d'orientation que certains œufs subissent durant leur séjour dans l'utérus, comme un facteur de la genèse des monstres doubles spontanés.

Depuis le début des recherches que nous poursuivons « sur le déterminisme de la symétrie bilatérale chez les Oiseaux » (1), nous avons été frappés par la très grande fréquence relative des cas de monstruosité double que nous avons rencontrés, sur les œufs de Cane, au cours de nos

examens pratiqués durant les 2e et 3e jours de l'incubation. Nous avons, en effet, observé 39 cas de diplogenèse, sur les 2 088 œufs embryonnés que comporte actuellement notre statistique. Ce qui représente une proportion de 18,67 ‰, laquelle apparaît très élevée, si on la compare à celle, 14 fois moins forte, que nous venons d'établir pour la Poule, où, d'après nos observations, faites à la 48e heure de l'incubation, cette proportion n'est, en effet, que de 1,33 ‰ (deux monstres doubles sur un total de 1500 œufs embryonnés).

Nous nous sommes demandés si cette différence n'était pas en rapport avec les conditions d'évolution très différentes que les œufs de ces deux Oiseaux rencontrent dans l'utérus, durant la période critique où se réalise la détermination de l'orientation de l'embryon. Nous rappelons que celle-ci est conditionnée, en direction et sens, par le mouvement de rotation autour du jaune que les contractions utérines impriment aux enveloppes de l'œuf ([1]). Un changement brusque dans l'orientation de ce mouvement, intervenant durant cette période critique où se détermine l'axe embryonnaire, ne peut-il être le facteur provoquant la dualité de cet axe qui caractérise la monstruosité double ? Telle est l'hypothèse à laquelle nous ont conduit les constatations suivantes :

L'œuf de Canard, contrairement à celui des autres Oiseaux que nous avons étudiés (Pigeon, Poule, Oie, Dinde), montre une orientation très instable durant son séjour dans la cavité utérine ([2]). D'après nos observations, en effet, 44% seulement des œufs de Cane conservent, dans l'utérus, l'orientation « petit bout avant » (tourné vers le cloaque) qu'ils avaient en y pénétrant. Dans les autres cas, soit dans 56 % du total, les œufs se retournent bout pour bout dans la cavité utérine, une et même souvent plusieurs fois de suite. Nous avons ainsi observé, sur une série de radiographies prises à intervalles d'un quart d'heure, jusqu'à cinq de ces retournements successifs de l'œuf, celui-ci passant de l'orientation « petit bout avant » à l'orientation inverse « gros bout avant », et *vice versa*. Ces changements de position spontanés de l'œuf amenant parfois celui-ci dans une position transversale, c'est-à-dire telle que son grand axe, au lieu d'être disposé, comme c'est la règle habituelle, suivant l'axe longitudinal de l'utérus, est, au contraire, perpendiculaire à celui-ci ([3]).

Chez la Poule, ces cas de retournement spontané de l'œuf dans l'utérus sont beaucoup moins fréquents. Sur les 28 œufs que nous avons suivis radiographiquement durant leur séjour dans l'utérus, nous n'avons, en effet, observé qu'un seul cas d'orientation « gros bout avant ». Tous les autres œufs ont conservé leur orientation initiale « petit bout avant » jusqu'à la ponte ([4]).

Ces constatations montrent que, chez ces deux Oiseaux, la fréquence de la monstruosité double varie dans le même sens que celle des renver-

sements de l'orientation de l'œuf dans la cavité utérine, comme cela ressort des chiffres suivants : Chez le Canard, où la proportion des œufs se retournant dans l'utérus est 18,85 fois plus grande que chez la Poule, la proportion des embryons doubles est 14,3 fois plus forte que chez cette dernière.

Chez le Pigeon, où la stabilité de l'œuf dans l'utérus est encore plus grande que chez la Poule, nous n'avons observé qu'un seul cas de monstruosité double spontané, et cela, chez la seule Pigeonne, des 40 que comporte notre élevage, où nous ayons constaté des cas de retournement spontané de l'œuf dans l'utérus.

Une autre donnée, celle-ci d'ordre expérimental, qui fait également penser à une correspondance entre le retournement de l'œuf dans l'utérus et la réalisation de la monstruosité double, est la suivante : les 29 œufs de Pigeon que nous avons retournés manuellement dans l'utérus, nous ont donné deux monstres doubles. Or, ces œufs provenaient de Pigeonnes chez lesquelles nous n'avons jamais constaté, à l'état spontané, de cas de diplogenèse, ni de retournement de l'œuf *in utero*, pas plus que de cas d'orientation inverse de l'embryon, et ceci après avoir suivi radiographiquement 27 de leurs œufs durant leur séjour intra-utérin et avoir examiné les embryons sur plus de 200 œufs, après 2 ou 3 jours d'incubation.

Inversement, nous observions que les deux cas de monstruosité double rencontrés sur les 34 œufs de Cane dont nous avons suivi radiographiquement l'évolution dans l'utérus, provenaient d'œufs y ayant effectué plusieurs bascules spontanées. En outre, dans les 39 cas de monstruosité double spontanée que nous avons rencontrés sur les embryons de Canard, les chalazes ne montraient jamais la disposition simple (c'est-à-dire un enroulement net et de même sens dans toute son étendue) qu'elles présentent toujours lorsque l'orientation de l'œuf dans l'utérus demeure invariable; et leur étude nous a régulièrement conduit à la conclusion qu'une ou plusieurs bascules de l'œuf s'étaient produites durant son séjour intra-utérin.

Nous avons fait des constatations de même ordre chez la Poule. Les deux cas de monstruosité double que nous y avons observés, sur les 28 œufs que nous avons suivis radiographiquement durant leur séjour dans l'utérus, correspondaient, l'un à un œuf ayant effectué spontanément au moins un retournement de 180° *in utero*, l'autre à un œuf retourné expérimentalement « gros bout avant », 14 h avant la ponte.

Conclusion. — Les données d'observation et d'ordre expérimental, exposées ci-dessus, nous conduisent à envisager les perturbations apportées à la symétrisation du germe des Oiseaux, par les changements d'orientation que l'œuf est susceptible de subir durant son séjour dans la cavité utérine, comme l'un des facteurs possibles de la genèse des monstres doubles spontanés.

([1]) Ces recherches ont fait l'objet de 12 Notes, dont 5 publiées aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* : **236**, 1953, p. 1823; **237**, 1953, p. 437; **238**, 1954, p. 154; **242**, 1956, p. 1523 et 1653, et les 7 autres aux *Comptes rendus de la Société de Biologie* : **148**, 1954, p. 149, 376, 571, 1122 et 1489; **149**, 1955, p. 413 et 1038.

([2]) Cette particularité est peut-être due uniquement à la présence, dans la cavité utérine, d'une sécrétion, qui est toujours abondante chez la Cane, alors qu'elle est faible chez les autres Oiseaux envisagés, et même inapparente chez la Pigeonne.

([3]) *Voir*, à ce sujet, la figure 4 de notre Note à *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 1122.

([4]) Nous rappelons que, dans ce cas, et ceci chez tous les Oiseaux que nous avons étudiés, l'embryon est toujours dirigé conformément à la règle de von Baer. Tandis que si l'œuf effectue, dans la cavité utérine, une bascule précoce qui l'amène « gros bout avant », et que cette orientation, inverse à la normale, se maintienne jusqu'à la ponte, l'embryon est toujours dirigé dans le sens opposé à la règle de von Baer.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison des valeurs nutritives de l'extrait embryonnaire et de liquides organiques adultes dans la culture* in vitro *de tibias cartilagineux d'embryon de Poulet.* Note de M. **Étienne Wolff** et Mme **Madeleine Kieny**, présentée par M. Maurice Caullery.

Ém. Wolff ([1]) a montré qu'un organe embryonnaire, la syrinx d'oiseau, peut être cultivé *in vitro* sur un milieu dépourvu d'extrait embryonnaire et contenant comme unique source d'azote un liquide organique adulte : sérum de cheval ou de bovidé, qui est plus favorable à la différenciation et à la croissance que l'extrait embryonnaire.

D'autre part, cet auteur ([2]) a montré que l'adjonction de sérum hétérologue de cheval ou de bovidé à l'extrait embryonnaire permet une meilleure différenciation des syrinx que l'extrait embryonnaire seul.

Le développement *in vitro*, sur milieu standard d'Ét. Wolff et K. Haffen ([3]) du tibia cartilagineux de sept jours d'incubation, dont la chondrogénèse est bien amorcée au moment de l'explantation, peut-il être favorisé par le remplacement total ou partiel de l'extrait embryonnaire par du sérum de cheval (*SS*) ou de plasma de poulet (*PP*)?

Rappelons que le milieu standard comporte :

1° un substratum constitué par de la gélose et un liquide physiologique glucosé;

2° de l'extrait d'embryon de poulet.

1. Remplacement total de l'extrait embryonnaire par une quantité égale de sérum de cheval ([1]) ou de plasma de poulet dans le milieu standard. — La croissance linéaire des tibias et leur augmentation pondérale après sept jours de culture sont consignées dans le tableau ci-dessous :

	Croissance linéaire (%).	Augmentation pondérale (%).
Milieu *SS*	42	52
Milieu *St* (témoins controlatéraux de *SS*)	72	92
Milieu *PP*	38	56
Milieu *St* (témoins controlatéraux de *PP*)	68	80

La teneur en azote total des tibias explantés sur le milieu standard augmente en moyenne de 68 % [4] au bout de sept jours de culture. Elle est stationnaire pour les tibias explantés sur des milieux à base de sérum de cheval (milieu *SS*) et de plasma de poulet (milieu *PP*).

Le sérum de cheval et le plasma de poulet sont à peu près équivalents. Leur valeur nutritive est inférieure à celle de l'extrait embryonnaire de 12 jours et voisine de celle des milieux synthétiques [4], [5] en ce qui concerne la croissance linéaire et la variation du taux d'azote total. Toutefois, l'augmentation pondérale, sur milieu à base de sérum de cheval ou de plasma de poulet, est sensiblement double de celle obtenue sur les milieux synthétiques réduits.

2. Remplacement partiel de l'extrait embryonnaire par du sérum de cheval [milieu *EE + SS* de Ém. Wolff [1]] et par du plasma de poulet (milieu *EE + PP*). — *a. Tibias de 5-6 jours d'incubation, prélevés au début de la chondrogénèse.* — Cultivés sur milieu *EE + PP* les tibias s'allongent en moyenne de 100 %. Les témoins explantés sur milieu *St* ne s'accroissent que de 48 %. La durée de survie est la même sur les deux milieux.

b. Tibias de 7 jours d'incubation. — L'action favorable du plasma de poulet sur la croissance des tibias jeunes ne se retrouve pas dans le cas des tibias plus âgés. La morphogénèse des tibias est cependant plus rapide sur les milieux *EE + SS* et *EE + PP* que sur milieu standard. La lecture du tableau ci-dessous nous apprend que le sérum de cheval et le plasma de poulet n'apportent rien au tibia de 7 jours, dont il puisse tirer parti pour sa croissance. Il trouve dans l'extrait embryonnaire toutes les substances nécessaires à son accroissement, sinon à sa morphogénèse.

	Croissance linéaire (%).	Augmentation pondérale (%).
Milieu *EE + PP*	55	94
Milieu *St* (témoins controlatéraux de *EE + PP*)	63	72
Milieu *EE + SS*	48	86
Milieu *St* (témoins controlatéraux de *EE + SS*)	61	106

En conclusion : dans la culture du tibia de 7 jours d'incubation, le sérum de cheval ou le plasma de poulet ne peuvent se substituer à l'extrait embryonnaire.

En présence d'extrait embryonnaire, ces liquides organiques adultes améliorent la morphogénèse des tibias de 5-6 jours ou de 7 jours d'incubation et la croissance des tibias de 5-6 jours.

Il ressort de ces expériences que la culture *in vitro* du tibia se dissocie en deux phases :

1° La maturation cartilagineuse (tibias de 5-6 jours), qui nécessite la présence simultanée d'extrait embryonnaire et de plasma de poulet;

2° La croissance proprement dite, pour laquelle l'extrait embryonnaire seul apporte les substances nutritives appropriées.

Ces résultats rejoignent ceux d'Ém. Wolff ([5]) qui montre que les syrinx, prélevées avant le début de la condensation mésenchymateuse, « ne réalisent pas toutes leurs possibilités de différenciation en présence d'extrait embryonnaire seul. »

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 2078-2080.

([2]) É. Wolff et É. Wolff, *Bull. Biol.*, **86**, 1952, p. 325.

([3]) *Tex. Rep. Biol. Med.*, **10**, 1952, p. 463-472.

([4]) Ét. Wolff, K. Haffen, Ém. Kieny et M. Wolff, *J. Emb. Exp. Morph.*, **1**, 1953, p. 55-84.

([5]) M. Kieny, *C. R. Soc. Biol.*, **149**, 1955, p. 418-421.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Amélioration de l'extrait d'embryon de Poulet par des solutions synthétiques dans la culture* in vitro *de la syrinx d'Oiseau.* Note de Mme **Émilienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré en 1954 ([1]) que l'extrait d'embryon de Poulet n'est pas indispensable à la culture *in vitro* de la syrinx de l'embryon de Poulet ou de Canard, alors qu'il suffit à la nutrition *in vitro* de la plupart des organes, comme l'ont montré Ét. Wolff et ses collaborateurs ([2]).

Cet organe peut réaliser la synthèse de sa matière, sa différenciation organotypique spécifique et sa croissance sur un milieu ne contenant que du sérum sanguin de Cheval ou de Bovidé adultes, comme aliment protidique.

L'extrait d'embryon de 7 à 9 jours ne permet qu'un développement très incomplet de la syrinx non différenciée, alors que l'adjonction de sérum sanguin à l'extrait d'embryon réalise un milieu très favorable.

Dans tous les milieux utilisés, le substratum de base est toujours une solution physiologique d'agar-agar, dans laquelle on introduit, avant la gélification, une solution de sels minéraux et de glucose et, suivant le cas, l'extrait d'embryon ([2]) ou le sérum ou les deux liquides mélangés.

Que manque-t-il à l'extrait embryonnaire ? Quels facteurs de différenciation et de croissance apporte le sérum sanguin ?

On peut penser que l'extrait d'embryon n'est pas le milieu nourricier d'un embryon. C'est le sang et la lymphe qui apportent aux organes les principes nutritifs puisés dans le vitellus. Ces principes se trouvent dans l'extrait d'embryon, mais ils y sont mélangés à de nombreuses autres molécules et se trouvent, en tous cas, dilués par rapport à leur concentration dans le sang. L'extrait d'embryon n'est donc pas nécessairement l'aliment le plus favorable à la culture de certains organes.

J'ai essayé d'apporter à l'extrait d'embryon un correctif en ajoutant des substances à faible poids moléculaire.

a. Je me suis adressée en premier lieu à l'ultrafiltrat de sérum de Cheval ou de Bovidé. L'ultrafiltrat et l'extrait embryonnaire ont été mélangés en proportions différentes et testés sur des syrinx explantés. Je n'ai constaté aucune amélioration notable. Ce fait peut être dû à des concentrations défavorables des acides aminés de l'ultrafiltrat, à l'absence des macromolécules du résidu, qui pourraient être nécessaires à l'assimilation des petites molécules.

b. Ét. Wolff, M. Kieny, K. Stenger-Haffen et Ém. Wolff, ont montré (3) que plusieurs organes embryonnaires peuvent être explantés avec succès sur des milieux définis chimiquement. Toutefois, leur développement est inférieur à celui qu'on obtient sur des milieux à base de sérum sanguin et d'extrait d'embryon.

J'ai ajouté aux milieux contenant de l'extrait d'embryon des solutions d'acides aminés isolés, d'un tripeptide ou de mélanges relativement simples d'acides aminés.

La cystéine, l'arginine et le glutathion, à des concentrations variant entre 6 et 18 mg pour 100 cm^3, ajoutés séparément à l'extrait d'embryon, améliorent la différenciation du précartilage, le modelé et le relief de l'organe.

La méthionine, à la concentration de 4 à 12 mg pour 100 cm^3, utilisée comme seul adjuvant de l'extrait d'embryon, s'est montrée plus favorable encore, en permettant une différenciation plus poussée et la réalisation de la forme spécifique de l'organe avec sa structure annelée se rapprochant de celle obtenue sur sérum.

Parmi plusieurs solutions synthétiques contenant de 4 à 22 acides aminés (4), la solution suivante s'est montrée l'une des plus favorables : méthionine, arginine, histidine, glutathion (qui remplace la cystéine des milieux antérieurs) et acide glutamique ou lysine.

Les syrinx survivent en moyenne jusqu'à 27 jours. La croissance moyenne est de 40 % au bout de 12 jours, alors que, sur le milieu témoin (extrait d'embryon seul), elle est de 15 %, et sur le milieu témoin (solutions synthétiques seules) elle est de 15,5 % et de 17 %. La croissance est mesurée

d'après l'allongement du diamètre transversal du premier arc cartilagineux formé.

La différenciation morphologique et histologique de la syrinx de Canard fournit en outre un très bon critère de la valeur du milieu. La syrinx du Canard est un organe sexualisé, avec un dimorphisme sexuel très marqué. Sur un embryon ♂ ou ♀, castré le troisième jour de la vie embryonnaire, la syrinx prend le type ♂ (5). En culture *in vitro*, sur des milieux contenant du sérum seul ou du sérum mélangé d'extrait d'embryon, la syrinx, explantée avant le stade de la différenciation sexuelle, se développe suivant le type mâle (6).

Explantée avant la différenciation sexuelle et cultivée sur de l'extrait d'embryon seul, elle prend un type intermédiaire, se rapprochant davantage du type femelle symétrique que du type mâle, fortement asymétrique. Dans les milieux à base d'extrait d'embryon et de solutions synthétiques, la syrinx prend la forme ♂. Les cartilages résistent à la pression d'une aiguille, alors que sur un milieu à base d'extrait d'embryon seul, ils restent gélatineux et mous, et ne dépassent pas le stade du précartilage condensé.

Conclusion. — Des solutions d'acides aminés, contenant de la cystéine ou du glutathion, de l'arginine, de la méthionine, de l'histidine et de la lysine ou de l'acide glutamique, ou de la méthionine seule, ajoutées à de l'extrait d'embryon de 7 à 10 jours, améliorent considérablement la différenciation des cartilages de la syrinx du Canard et du Poulet, explantée *in vitro*. Elles suppléent en partie à l'apport du sérum sanguin qui s'était révélé nécessaire au développement de cet organe. Quelques acides aminés apportent ainsi une partie des facteurs stimulants contenus dans le sérum sanguin.

(1) É. Wolff, *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 2078-2080.

(2) Ét. Wolff et K. Haffen, *J. exp. Zool.*, **119**, 1952, p. 381-399; Ét. Wolff et Ém. Wolff, *Bull. Biol.*, 86, 1952, p. 325-350; Ét. Wolff et Y. Lutz-Ostertag, *C. R. Ass. Anat.*, 39e Réunion, no 72, 1952, p. 214-228; M. Kieny, *C. R. Soc. Biol.*, **147**, 1953, p. 868-872; N. G. Lepori, *Arch. Anat. Micr. Morph. Exp.*, **42**, 1953, p. 194-208; R. Reinbold, *C. R. Soc. Biol.*, **148**, 1954, p. 1493-1495; L. Black et R. Comolli, *Arch. Anat. Micr. Morph. Exp.*, **43**, 1954, p. 276-281.

(3) *J. of Embryol. and exp. Morph.*, **1**, 1953, p. 55-84.

(4) Ém. Wolff, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 1016.

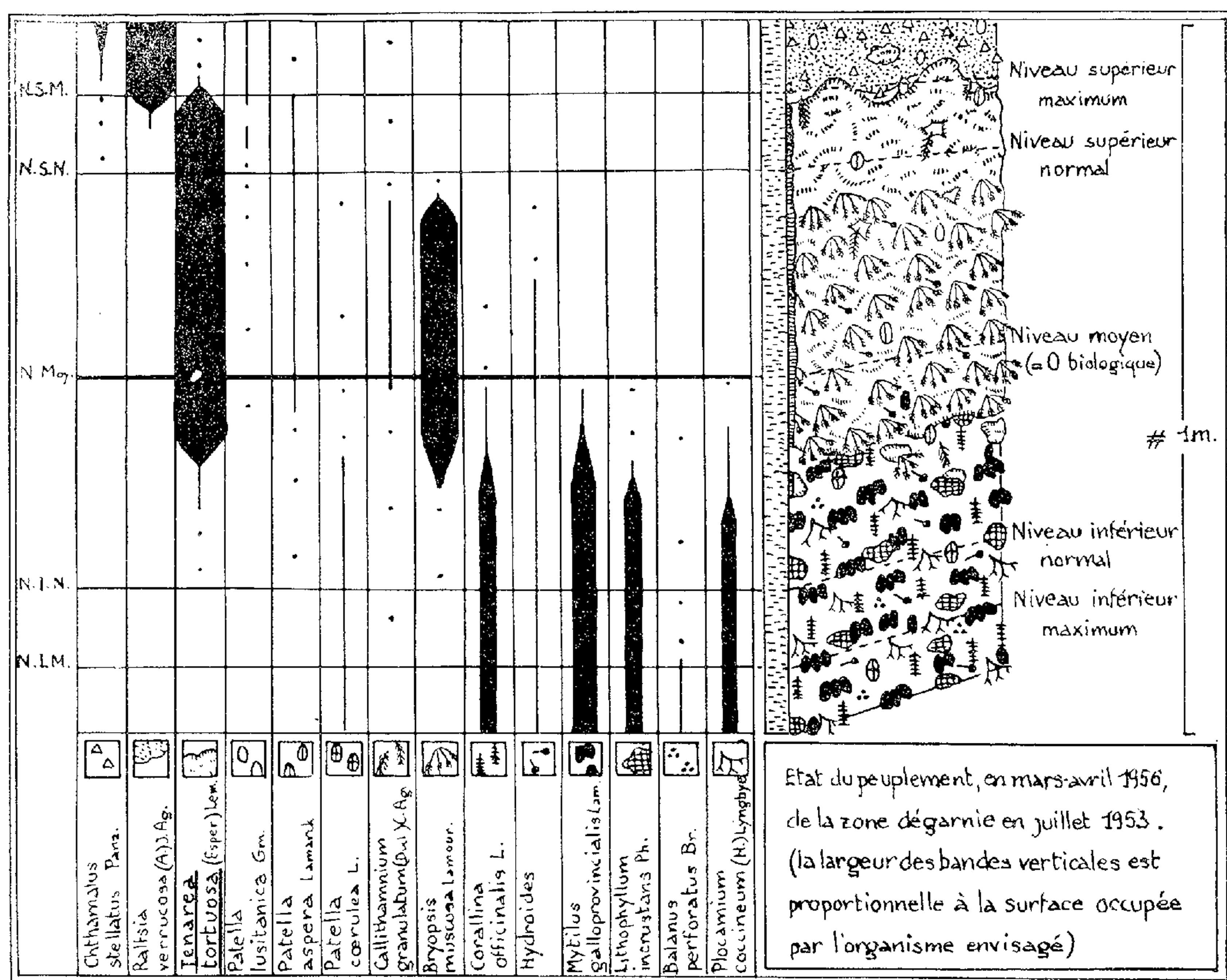
(5) Ém. Wolff, *Bull. Biol.*, **84**, 1950, p. 119-193.

(6) Ém. Wolff et Ét. Wolff, *Bull. Biol.*, 86, 1952, p. 325-350.

BIOLOGIE MARINE. — *Sur la réinstallation d'un « Trottoir à Tenarea », en Méditerranée occidentale.* Note de M. **Pierre Huvé**, présentée par M. Louis Fage.

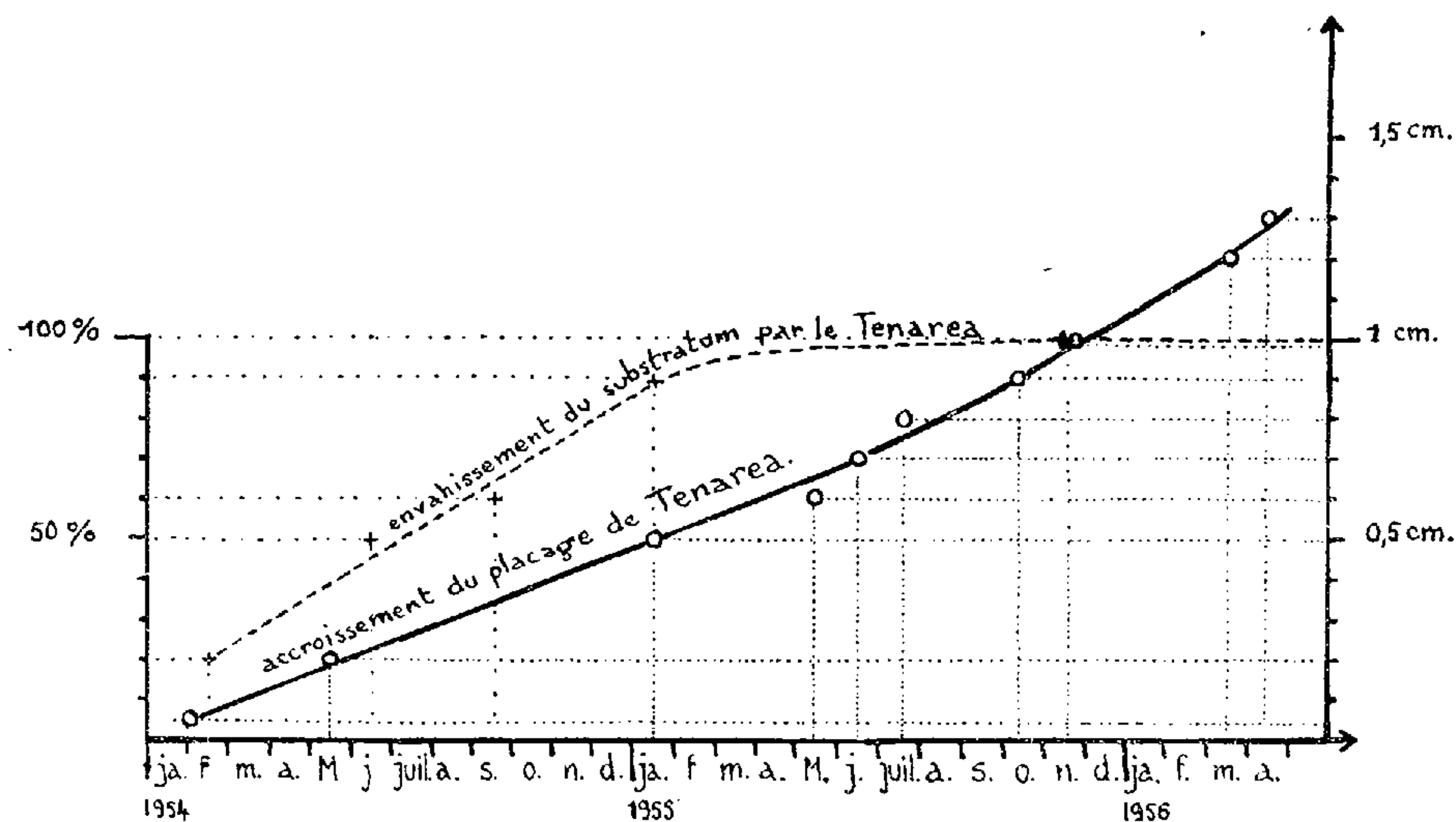
Nous avons déjà relaté ([1]) les conditions de cette étude expérimentale et les résultats obtenus après dix mois d'expérimentation, de juillet 1953 à mai 1954. Nous exposons maintenant sommairement la suite de nos observations jusqu'en mars-avril 1956.

A partir du printemps 1954 et jusqu'en février-mars 1956, le peuplement de la zone expérimentale (à l'intérieur des limites bathymétriques correspondant à celles du trottoir-témoin voisin) est essentiellement dominé par deux organismes : en strate-élevée, le *Callithamnion granulatum*, en sous-



strate des algues à thalle calcaire, parmi lesquelles le *Tenarea tortuosa* acquiert une grande extension puisque ses thalles confluents occupent, dès novembre 1955, la quasi-totalité du substrat. C'est seulement après plus de deux ans (printemps 1955) que, brusquement, apparaît, sur le trottoir en cours de régénération, une population de *Bryopsis muscosa* d'emblée

de densité comparable à celle qu'on peut observer sur le trottoir-témoin tous les hivers-printemps. A cette date le placage micro-caverneux édifié par le *Tenarea* constitue un micro-milieu permettant non seulement l'installation du *Bryopsis*, mais même sa survie (stolons rampants persistants) au cours de la saison estivale. En strate élevée *B. muscosa* supplante immédiatement *C. granulatum* qui, désormais, n'a plus qu'une importance secondaire.



Nous ignorons à quelle date exacte se sont fixés, sur le substrat expérimental, les germes reproducteurs du *Tenarea*. En février 1954, à la suite d'une période de mer agitée, nous avons constaté la présence de nombreux petits thalles orbiculaires (diamètre, 2-6 mm) de cette espèce. En mai 1954, ces jeunes thalles, pour la plupart encore isolés, atteignent 1 à 2 cm de diamètre (épaisseur # 2 mm) et occupent 30-40 % de la surface du substrat. En septembre 1954, ces thalles sont plus ou moins confluents, et recouvrent # 60 % de la surface disponible. En janvier 1955, c'est-à-dire un an après leur apparition, ils occupent # 90 % de la roche et forment alors un placage de # 5 mm. En novembre 1955 ce revêtement s'étend sur 95-100 % du substratum et possède une épaisseur de # 1 cm. L'épaisseur de ce placage est pratiquement uniforme et nous n'avons pas encore pu localiser l'amorce d'un « balcon ».

La faune est pauvre, quantitativement et qualitativement, si on la compare à celle du trottoir-témoin. Cette pauvreté est liée à l'insuffisance des micro-abris disponibles, mais aussi au fait que les jeunes thalles de *Tenarea*, isolés ou même formant un mince placage, offrent des conditions micro-climatiques encore trop instables.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 323.

BIOLOGIE MARINE. — *Corrélation entre le rythme des marées et la mue d'une population de Chthamales.* Note de Mme **Jacqueline Bocquet**, présentée par M. Louis Fage.

La variation, au cours d'un cycle de marées, du pourcentage des Chthamales se trouvant dans une phase proche de la mue permet d'évaluer le rythme des mues dans leurs populations naturelles. Des fréquences maxima de mues s'observent régulièrement après chaque morte-eau ou vive-eau, témoignant d'une corrélation, dont un essai d'interprétation est proposé, entre le rythme des mues et celui des marées.

Pour diverses espèces habitant la zone intercotidale, des phénomènes cycliques, affectant l'ensemble d'une population, ont déjà été mis en rapport avec le rythme des marées.

Les Chthamales, en raison de leur densité de populations, de leur localisation dans la zone des marées et de leur caractère sessile, constituent un matériel particulièrement favorable à l'examen d'une telle relation. Aux points prospectés, les individus répartis sur une même bande horizontale subissent en effet simultanément, deux fois par jour, des exondations de durée variable au cours d'un cycle de marées; il en résulte que toute la population « horizontale » se trouve placée dans des conditions biologiques toujours momentanément identiques, mais qui se modifient dans le temps suivant un rythme régulier. Il a paru intéressant d'étudier, en particulier, le retentissement de ces variations écologiques sur les phénomènes biologiques de mue, donc de croissance, qui pourraient ainsi revêtir, pour l'ensemble de la population considérée, un caractère rythmique, dont la périodicité serait calquée sur celle des marées ou en rapport avec elle.

Méthode. — Pour une même population localisée sur une bande horizontale étroite de 50 cm environ, à l'intérieur de laquelle tous les Chthamales peuvent être considérés comme soumis à un régime identique, des échantillons de 100 individus ayant sensiblement même taille sont prélevés tous les deux ou trois jours pendant un cycle de marées.

L'examen des cirres au microscope permet de déterminer si l'animal se trouve ou non dans une phase proche de la mue, les stades successifs suivants permettant d'en décider : soies en formation, présence d'une nouvelle cuticule sous l'ancienne (stades D_1 et D_2).

La variation de pourcentage des animaux préparant leur mue permet d'apprécier statistiquement l'évolution de la population à ce point de vue et de déceler s'il existe ou non un phénomène d'exuviation d'ensemble en corrélation avec le rythme des marées.

Les relevés ont été effectués à Roscoff aux points suivants : *a*. Ile Verte, face Nord, au niveau le plus élevé atteint par les Chthamales. Juillet-août 1955 (*fig.* 1, A); *b*. Per Haridy. Même niveau que (*a*), août 1955 (*fig.* 1, B); *c*. Ile Verte, même emplacement que pour (*a*),

même niveau, décembre 1955-janvier 1956 (*fig.* 1, C); *d.* Ile Verte, face Nord, niveau de la mi-marée, août 1956 (*fig.* 1, D). Dans la région de Roscoff, *Chthamalus stellatus* est en reproduction d'avril à septembre. Les individus renfermant des pontes en incubation ont fait l'objet de statistiques séparées, pour des raisons qui apparaîtront plus loin.

Résultats. — Les courbes établies pour chaque série de relevés présentent toujours deux sommets, situés l'un après la morte-eau, l'autre après la vive-eau. Leur analyse conduit à l'interprétation suivante :

A. Pendant la morte-eau : *a.* Au niveau élevé, les courbes (*fig.* 1, A, B et C), toujours ascendantes, expriment l'augmentation régulière du nombre des animaux parvenant à un état proche de la mue; il n'y a pas d'exuviations ou, du moins, les animaux qui muent restent moins nombreux que ceux qui entrent en préparation de mue, ceci en raison des temps trop courts pendant lesquels les animaux sont immergés.

b. Au niveau de la mi-marée (*fig.* 1, D), la courbe, d'abord descendante, indique que le nombre des animaux qui muent est alors un peu plus élevé que celui des animaux qui entrent dans la phase préparatoire à la mue. Une remontée brusque de la courbe, traduisant l'établissement d'une situation inverse, intervient peu après le maximum de morte-eau. Dans les deux cas, une vague de mues, touchant jusqu'à 35 % des individus des populations considérées (*fig.* 1, D) et signalée par une chute brusque des courbes, survient après la morte-eau.

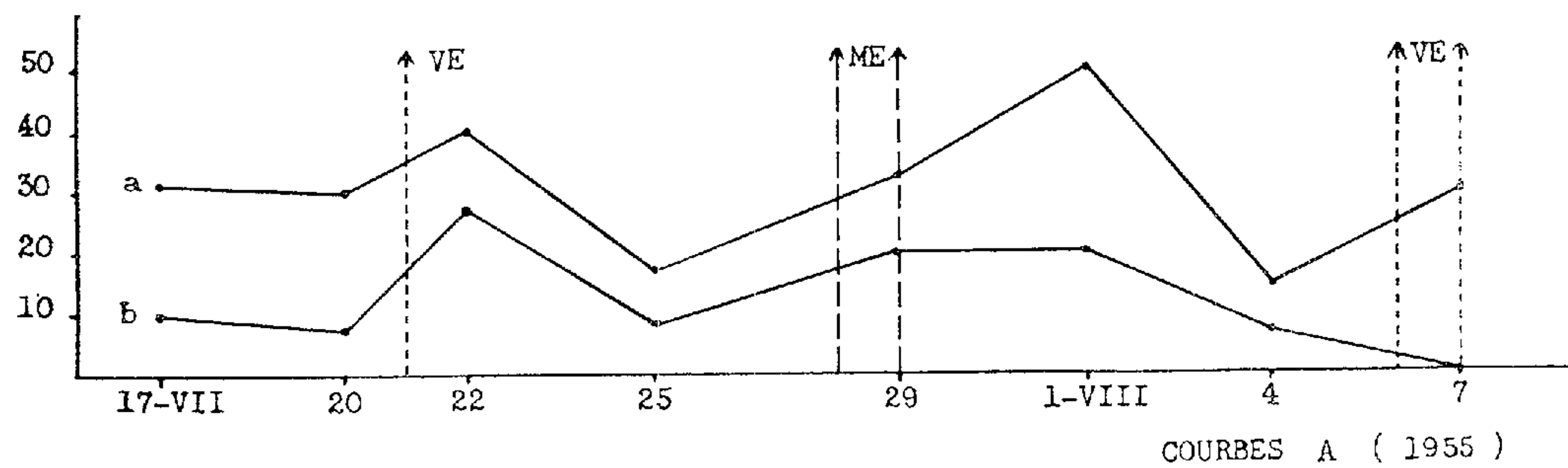
B. Pendant la vive-eau : Les courbes remontent notablement, témoignant du passage dans une phase préparatoire à la mue d'une nouvelle fraction de la population, fraction évidemment différente de celle qui vient de muer. Leur second sommet, situé après la vive-eau ou lors du maximum de celle-ci, est suivi d'une baisse rapide des pourcentages, correspondant à une seconde vague de mues.

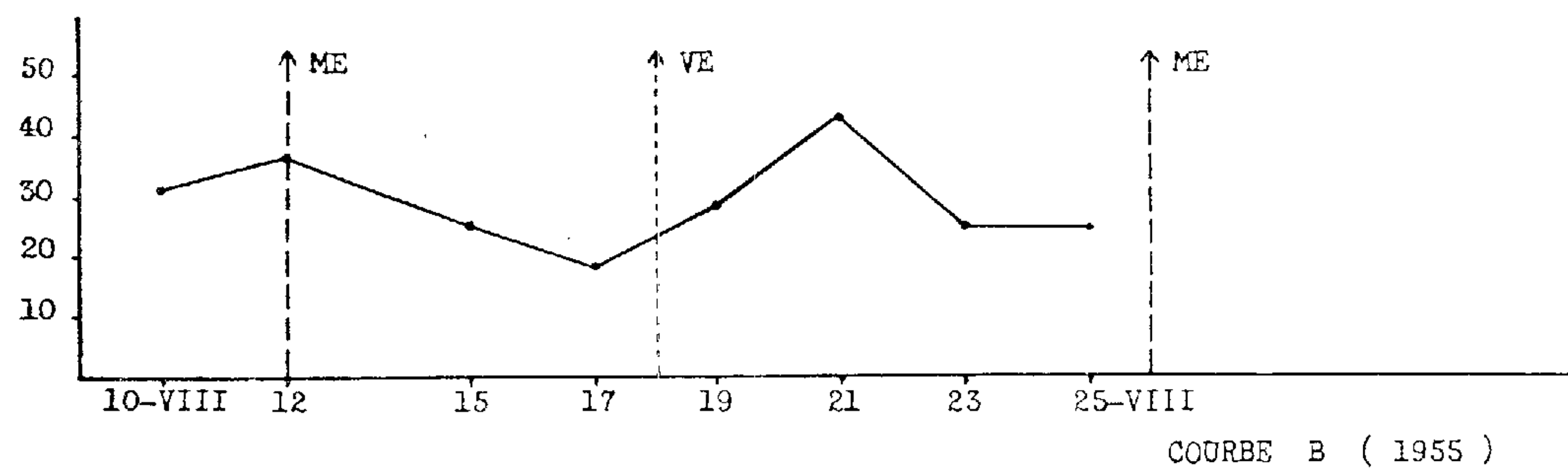
En résumé : 1° Au cours de la morte-eau, les temps d'immersion trop brefs paraissent intervenir comme facteur de blocage ou de ralentissement des mues; celles-ci se déclenchent seulement lorsque les durées d'immersion des Chthamales deviennent suffisamment longues;

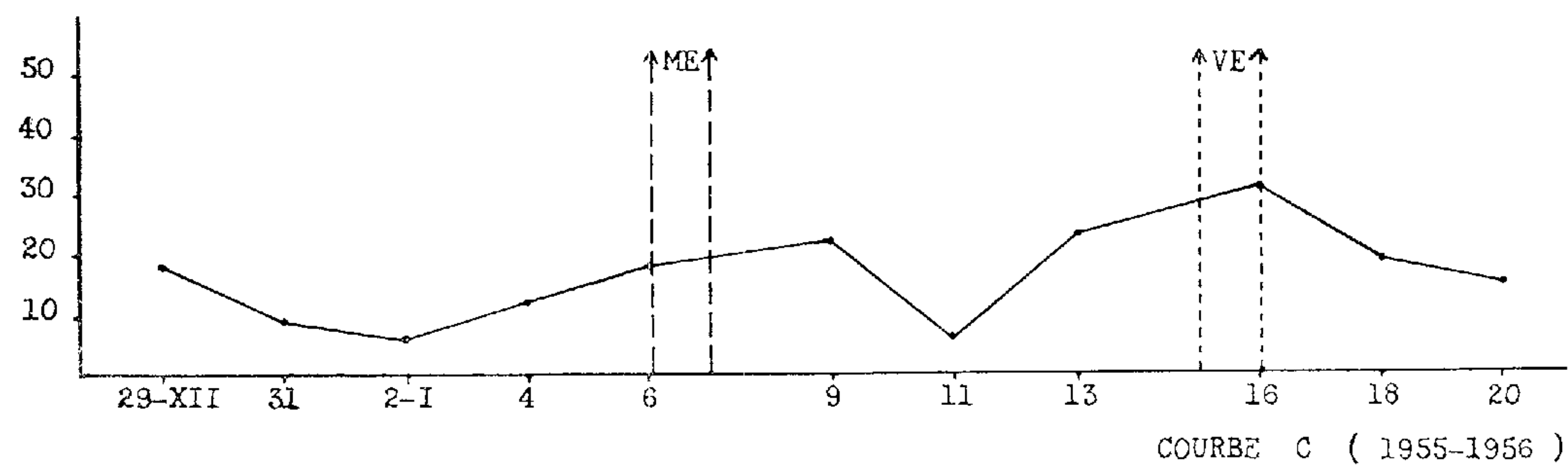
2° Au cours de la vive-eau, les facteurs d'exondation ne jouent plus pour freiner les mues; les conditions déterminant les durées d'intermue, conditions internes interférant de façon complexe avec les facteurs externes, entraînent finalement la présence d'un second maximum de mues; ce synchronisme que présente une fraction importante de la population demeure non analysé, mais dépend vraisemblablement, dans une large mesure, de la meilleure nutrition des Chthamales lorsque les durées d'immersion deviennent plus longues.

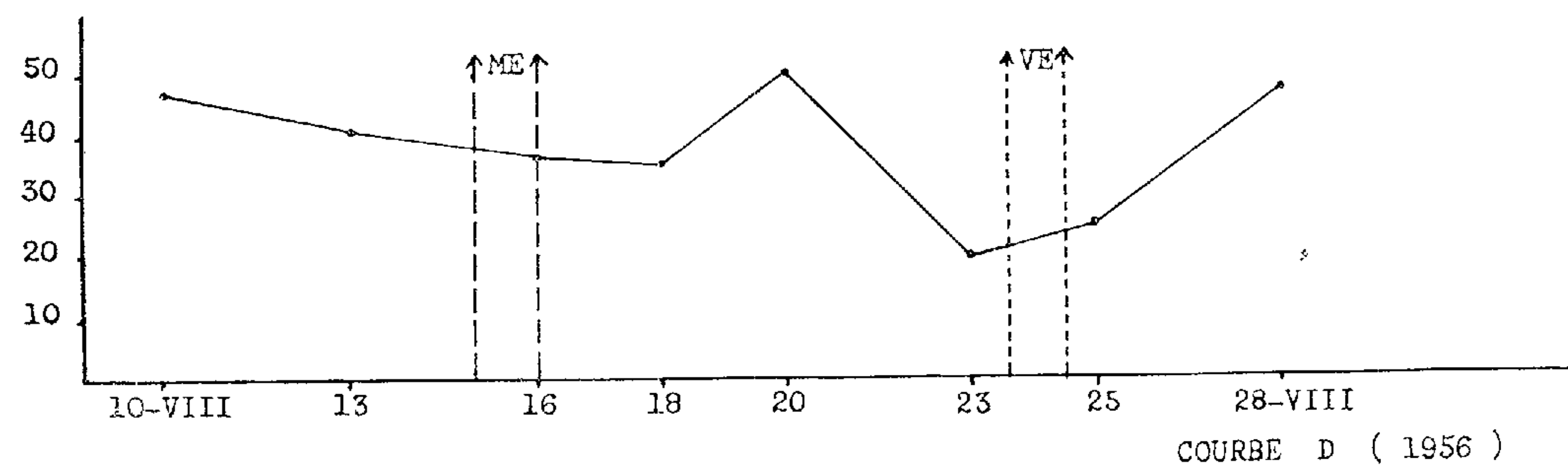
La courbe *b* de la figure 1, A, concernant uniquement des individus porteurs d'œufs, est à peu près parallèle à la courbe 1, A*a*, établie pendant le même cycle de marées pour les individus non ovigères de la même popu-

lation. Les taux, toujours inférieurs, révélés par la figure 1, A*b* semblent indiquer que la durée de l'intermue est prolongée chez les animaux incubant leur ponte. Remarquons d'ailleurs qu'une exuviation intervenant avant









Variation du pourcentage des Chthamales proches de la mue, au cours d'un cycle de marées.

(**Les pourcentages** des individus proches de la mue sont portés en ordonnée; en abscisse est indiqué le **temps**, en jours. Les lignes pointillées verticales indiquent les maxima de morte-eau ou de vive-eau. **Indications** complémentaires dans le texte.)

la libération des nauplii entraînerait obligatoirement leur expulsion. Certains problèmes qui viennent d'être soulevés ne pourront sans doute trouver leur solution que lorsque des études portant sur des animaux suivis isolément auront été réalisées.

GÉNÉTIQUE. — *Détermination de liaisons génétiques, chez* Escherichia coli K 12, *à l'aide de radiophosphore.* Note (*) de MM. **Clarence R. Fuerst, François Jacob** et **Elie L. Wollman**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Des bactéries Hfr, contenant du ^{32}P, sont croisées avec des bactéries F^- non radioactives. Leur capacité à transmettre des caractères génétiques à des recombinants décroît, en fonction de la désintégration du ^{32}P, à des taux différents selon les caractères. La carte génétique que l'on peut ainsi dresser reflète vraisemblablement les distances entre ces caractères en atomes de P.

Chez *Escherichia coli* K 12, la conjugaison comporte le transfert de bactéries donatrices (Hfr) à bactéries réceptrices (F^-) d'un segment chromosomique OR qui pénètre toujours par la même extrémité O ([1]). On peut donc déterminer l'ordre et mesurer la distance relative des déterminants génétiques situés sur ce segment, d'une part en unités génétiques (fréquences de recombinaison), d'autre part en unité de temps (temps relatifs auxquels pénètrent les caractères dans la bactérie réceptrice).

On sait que des bactéries cultivés dans un milieu à haute activité spécifique de ^{32}P, sont, en fonction de la désintégration du ^{32}P, inactivées selon une courbe à « évènements multiples » dont la pente finale est proportionnelle à la radioactivité spécifique ([2]). Cette inactivation paraît être la conséquence de la désintégration d'atomes de phosphore contenus dans l'acide désoxyribonucléique (ADN) que l'on a toutes raisons d'assimiler au matériel génétique des bactéries.

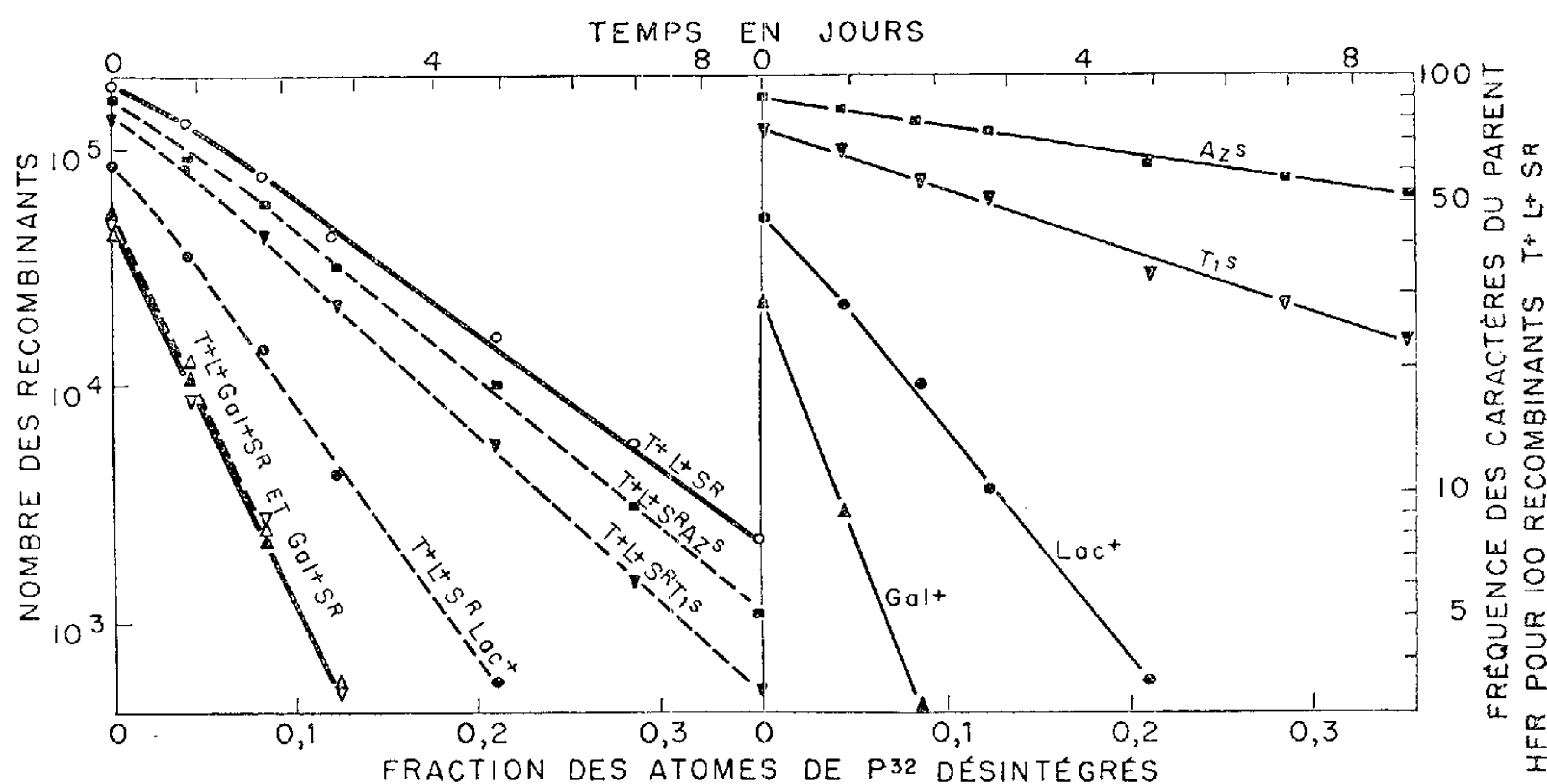
On peut appliquer cette méthode à l'étude de la conjugaison chez *E. coli* K 12 en croisant des bactéries Hfr contenant du ^{32}P avec des bactéries F^- non radioactives. Si la désintégration du ^{32}P a lieu dans le parent Hfr *avant* la conjugaison, on peut suivre en fonction du temps, la *capacité des Hfr à transmettre* leurs caractères génétiques aux recombinants. Si elle a lieu dans les zygotes *après* la conjugaison. on peut suivre la fréquence avec laquelle apparaissent, chez des recombinants, les caractères du Hfr *déjà transférés aux zygotes*. Ce sont les résultats d'expériences du premier type qui font l'objet de la présente Note.

Les croisements sont réalisés entre bactéries HfrH ([3]) $T^+L^+Az^sT_1^sLac_1^+Gal_b^+S^s$ ([4]) et bactéries $F^-T^-L^-Az^rT_1^rLac_1^-Gal_b^-S^r$. Des bactéries Hfr cultivées en milieu radioactif sont congelées. Tous les jours, un échantillon est dégelé et les bactéries croisées, dans des conditions standard, avec des bactéries F^- non radio-

actives. D'une part, on mesure le nombre des recombinants $T^+L^+S^r$, Gal^+S^r et T^+L^- Gal^+S^r (*fig.* A). D'autre part, on analyse la composition génétique des recombinants $T^+L^+S^r$ (*fig.* B). On voit sur les figures que :

1° les bactéries Hfr perdent progressivement leur *capacité à former des recombinants* (*fig.* A). Pour les recombinants Gal^+S^r (ou $T^+L^-Gal^+S^r$) cette capacité est perdue environ trois fois plus vite que pour les recombinants $T^+L^+S^r$;

2° la proportion des recombinants $T^+L^+S^r$ ayant reçu l'un des caractères Az^s, T_1^s, Lac^+ ou Gal^+ du parent Hfr diminue d'autant plus vite que le caractère considéré est plus distant des caractères sélecteurs T^+L^+ (*fig.* B). Sans préjuger du mécanisme en cause, on peut donc, pour un caractère donné, parler d'une « *inactivation* » de sa transmissibilité aux recombinants;



Des bactéries HfrH cultivées dans un milieu contenant 70 mc/mg de phosphore sont centrifugées, lavées et mises en suspension dans un milieu protecteur ([2]). La suspension est distribuée en tubes à raison de 0,2 ml/tube et les tubes sont placés dans l'azote liquide. Chaque jour un échantillon est dégelé, remis en suspension, puis mélangé dans des conditions standard avec un excès de bactéries F^- non radioactives (2.10^6 Hfr et 10^8 F^-/ml). Après 1 h à 37°, des échantillons sont dilués et étalés sur milieux sélectifs.

En abscisse, le temps et la fraction des atomes de ^{32}P désintégrés. *En ordonnées*, sur une échelle logarithmique : *fig.* A : en traits pleins, le *nombre* des recombinants $T^+L^+S^r$, Gal^+S^r et T^+L^+ Gal^+S^r/ml du mélange de conjugaison; *fig.* B : la *proportion* des recombinants $T^+L^+S^r$ ayant reçu l'un des caractères Az^s, T_1^s, Lac^+ et Gal^+ du parent Hfr. Le *nombre* des recombinants $T^+L^+S^r$ ayant l'un des caractères Az^s, T_1^s, Lac^+ et Gal^+ du parent Hfr est représenté, en traits pointillés, sur la figure A, en y reportant les résultats de la figure B.

3° on peut déterminer l'ordre et la distance relative des caractères du parent Hfr, d'après les pentes relatives des courbes d'inactivation (*fig.* A) qui, pour T^+L^+, Az^s, T_1^s, Lac^+ et Gal^+, sont respectivement de 0,35, 0,39, 0,43, 0,67 et 1. On peut ainsi constituer une carte génétique du segment chromo-

somique OR du parent Hfr. Cette carte est en tous points comparable à celles obtenues en unités de recombinaison et en unité de temps ([1]), les temps relatifs de pénétration des mêmes caractères dans les bactéries F^- étant respectivement de 0,33, 0,36, 0,44, 0,72 et 1.

Il y a tout lieu de penser que l'inactivation de la transmissibilité d'un caractère génétique est ici la conséquence de transmutations $^{32}P \longrightarrow {}^{32}S$ survenues parmi des atomes de phosphore des liaisons phosphodiesters qui constitueraient l'ossature de la chaîne polynucléotidique du A. D. N ([5]). L'inégale sensibilité des différents caractères semble indiquer que plus un caractère est situé loin de O sur le segment OR, plus le nombre des atomes de phosphore intacts doit être grand pour que ce caractère soit transmis aux recombinants. Ceci confirme l'existence d'une polarité du segment OR ([1]). Si l'on admet que la désintégration d'un atome de phosphore a la même efficacité tout au long de la chaîne polynucléotidique du segment OR, on peut ainsi établir une relation directe entre structure génétique et structure atomique le long du chromosome bactérien.

(*) Séance du 5 décembre 1956.

([1]) E. L. Wollman et F. Jacob, *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 2449.

([2]) C. R. Fuerst et G. S. Stent, *J. Gen. Physiol.*, **40**, 1956, p. 73.

([3]) W. Hayes, *Cold Spring Harbor Symp.*, **18**, 1953, p. 75.

([4]) Synthèse de la thréonine (T), de la leucine (L), utilisation du lactose (Lac), du galactose (Gal), sensibilité (*s*) ou résistance (*r*) au nitrure de sodium (Az), au phage T_1, à la streptomycine (S).

([5]) J. D. Watson et F. H. C. Crick, *Cold Spring Harbor Symp.*, **18**, 1953, p. 123.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Points communs entre l'α_1-cristalline et la fraction principale* F_1 *de l'insoluble du cristallin de Bœuf.* — Note de MM. **Jean Sirchis**, **Pierre Fromageot** et Mlle **Hélène Bernard**, présentée par M. Robert Courrier.

On montre que l'α_1-cristalline et le constituant principal F_1 de l'albumoïde du cristallin de Bœuf ont des propriétés immunochimiques communes et que ces protéines présentent une similitude de leurs constantes de sédimentation et de leurs mobilités électrophorétiques.

On sait que par extractions répétées de cristallin de Bœuf, on obtient en définitive une solution de protéines et un résidu insoluble communément appelé albumoïde ([1]). La fraction soluble renferme divers constituants protéiques dont l'un, l'α_1-cristalline ([2]) a été isolé sous une forme homogène à l'ultracentrifugation. On a montré d'autre part que l'on peut extraire de l'albumoïde trois protéines distinctes et solubles après purification ([3]), ([4]). L'une d'elles, F_1 est quantitativement la plus importante et représente 80 % de l'azote total de l'insoluble.

Si l'on suit la variation, en fonction de l'âge du cristallin, du poids de l'albumoïde, on en constate une augmentation avec le vieillissement. A. C. Woods et E. L. Burky ([5]) ayant préparé des anticorps par injection à des lapins de suspensions d'albumoïde totale de cristallins de Bœuf, avaient constaté la formation de précipitines réagissant avec une fraction protéique riche en α_1-cristalline. A. C. Krause ([6]), sur la base de ces résultats, avait pensé que l'albumoïde se formait aux dépens de l'α_1-cristalline. J. Nordmann ([7]) contesta les expériences de Woods et Burky, par suite de la non-homogénéité des fractions protéiques utilisées par ces auteurs.

La présente Note montre les similitudes de comportement qui existent entre l'α_1-cristalline et la fraction principale F_1 de l'albumoïde, dans les tests suivants : ultracentrifugation, électrophorèse et immunoélectrophorèse.

Ultracentrifugation. — On obtient pour l'α_1-cristalline et la fraction F_1 dans les conditions indiquées ci-dessous, les constantes de sédimentation suivantes :

	Concentration.	Tampon.	pH.	S_{16}.
α_1-cristalline	4,7 mgN/ml	acétate Na 0,1 M	6,88	8,8
F_1	6,2 mgN/ml	acétate Na 0,1 M	7,0	8,8

Électrophorèse. — Les mesures de mobilité ont été faites dans l'appareil à électrophorèse en phase liquide de Kern. L'α_1-cristalline n'a pas été isolée ici du mélange des protéines solubles du cristallin car elle se sépare très nettement. On obtient les mobilités suivantes :

	Concentration.	Tampon.	pH.	Mobilité.
Protéines solubles.....	4,42 mg N/ml	Véronal sodique 0,1 M	8,6	
α_1-cristalline..........	–	–	–	6,4
F_1..................	4,42 mg N/ml	Véronal sodique 0,1 M	8,6	6,3

L'ionophorèse sur papier à pH 8,6 (tampon véronal sodique 0,1 M) à 160 V des protéines solubles et de la fraction F_1 permet également d'observer que cette dernière migre vers l'anode de la même façon que la protéine la plus mobile du mélange, c'est-à-dire l'α_1-cristalline.

Immunoélectrophorèse. — On peut combiner la séparation électrophorétique aux précipitations spécifiques des complexes antigènes anticorps par la méthode de Grabar ([8]). Les anticorps sont préparés par injection hebdomadaire, à des lapins, des protéines solubles du cristallin de bœuf, en solution à 5 % dans un tampon phosphate 0,1 M, pH 7,6 et contenant 2 % d'empois d'amidon. Après une dizaine d'injections, on constate que sur 10 animaux, 2 seulement ont réagi par formation d'anticorps. L'adjonction d'amidon s'avère indispensable ; le maximum du taux d'anticorps dans le sérum est atteint vers la dixième semaine, après quoi, malgré des injections de rappel, on en constate une rapide disparition. La solution d'antigène est renouvelée toutes les deux injections pour éviter d'introduire de nouveaux constituants résultant de la dénaturation

des protéines solubles. La figure 1 représente en A l'électrophorèse à pH 8,2 (tampon véronal sodique 0,05 M) des protéines solubles du cristallin et en B, celle de la protéine F_1. Du canal central, on fait diffuser l'immunsérum. On voit en A une ligne x, de précipitation à la hauteur de l'α_1-cristalline et une

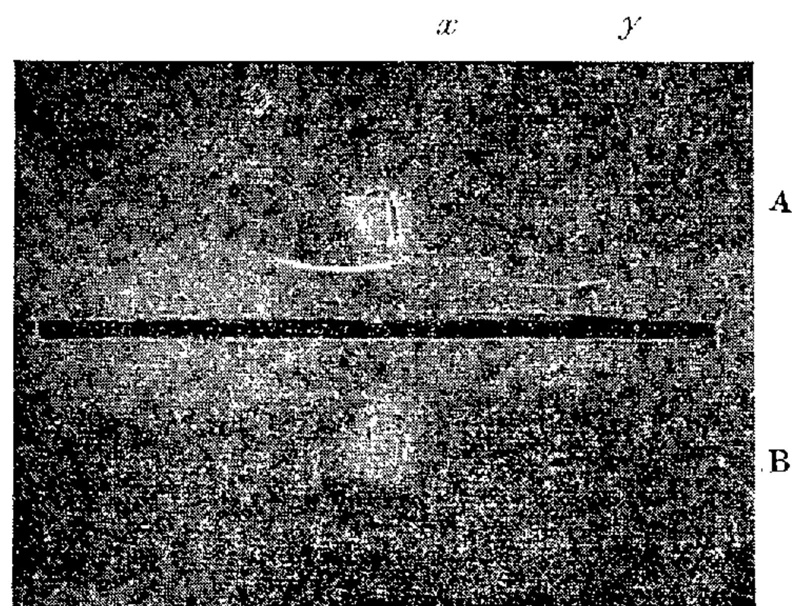


Fig. 1.

autre y qui correspond à la β-cristalline. Sur l'électrophorèse B, on ne trouve qu'une ligne Z, symétrique à la ligne x. Ceci permet de penser que la protéine F_1 et l'α_1-cristalline ont un anticorps commun. Ce point de vue est confirmé par la précipitation exhaustive de l'immunsérum par F_1. L'immunsérum résiduel ainsi obtenu, ne donne plus de précipité avec l'α_1-cristalline, ni évidemment avec F_1, comme le montre la figure 2 ; en A' la ligne x a disparu. Il ne reste que la ligne y.

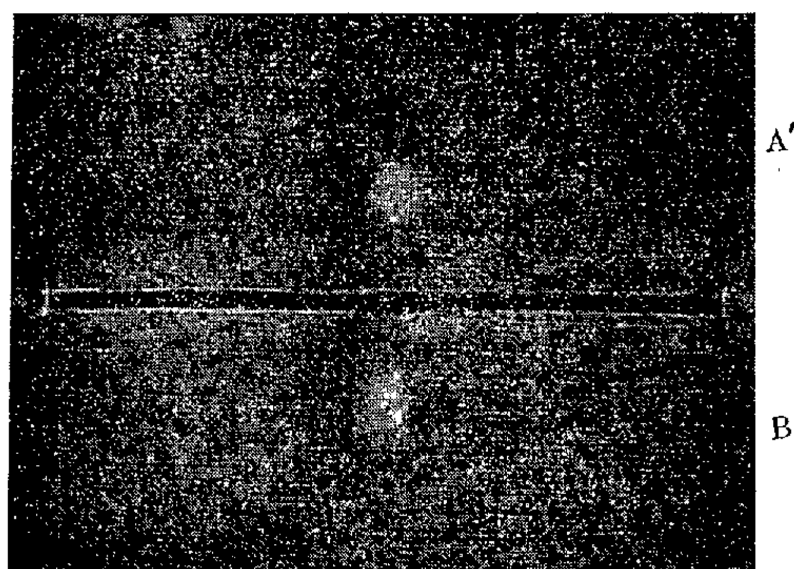


Fig. 2.

Ces données indiquent que l'α_1-cristalline sous une forme aussi native que possible puisqu'elle n'a fait l'objet d'aucun autre traitement que sa mise en solution dans un tampon phosphate 0,1 M, pH 7,6, et la protéine F_1, possèdent un anticorps commun. Cette conclusion est en accord avec celle de Woods et

Burky ([5]) qui par une méthode inverse voyaient une analogie immunochimique entre l'α-cristalline et l'albumoïde. On doit aussi penser que les traitements chimiques nécessaires pour isoler de l'albumoïde son constituant essentiel F_1, n'ont pas modifié la structure de ce dernier de façon appréciable et que F_1 n'est pas dénaturé par une conservation à — 10° à l'état sec.

Que les constantes de sédimentation et les mobilités électrophorétiques de ces deux protéines soient si voisines, indiquent que l'α-cristalline et F_1 ont une masse et une charge du même ordre. Cette similitude permet de se demander si l'α-cristalline n'est pas présente dans l'albumoïde sous une forme combinée insoluble, comme le suggérait Krause ([6]); l'α_1-cristalline serait alors identique à F_1. Par ailleurs, les taux d'azote et de soufre (respectivement N = 14,5 % ; S = 0,5 % pour l'α_1-cristalline; N = 15,8 % ; S = 0,5 % pour F_1) de ces deux protéines sont en accord avec cette hypothèse.

([1]) C. T. Mörner, *Z. Physiol. Chem.*, 18, 1894, p. 213-233.

([2]) P. Fromageot, J. Sirchis, L. Petit et M. Prioux, *Biochim. Biophys. Acta*, 19, 1956, p. 185.

([3]) P. Fromageot et J. Sirchis, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1730.

([4]) J. Sirchis et P. Fromageot, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1345.

([5]) *Amer. J. Ophtalm.*, 16, 1933, p. 951.

([6]) *Arch. Phtalm.*, 10, 1933, p. 788.

([7]) *Ophtalmologica*, 118, 1949, p. 369.

([8]) P. Grabar et C. A. Williams, *Biochim. Biophys. Acta*, 10, 1953, p. 193.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de phénolases acides chez les Champignons supérieurs.* Note de Mlle **Gilberte Legrand**, présentée par M. Raoul Combes.

Des phénolases acides analogues à la phénolase des rhizomorphes d'Armillaire ont été mises en évidence chez plusieurs espèces de Russules et de Lactaires. Leur pH optimum varie entre 3,7 et 5,2.

La présence d'une phénolase de pH optimum 4,2 a été précédemment signalée dans les rhizomorphes de l'Armillaire cultivée au laboratoire ([1]). Cet enzyme qui a des substrats communs avec la laccase : gaïacol, hydroquinone, pyrocatéchol, pyrogallol, *p*-phénylènediamine, en diffère en ce qu'il n'oxyde ni la benzidine ni la cystéine et oxyde lentement le paracrésol avec formation d'un précipité blanc ([2]). Le but de ce travail était de rechercher si les carpophores des Champignons supérieurs renferment des phénolases analogues à celle des rhizomorphes d'Armillaire. L'acidité du pH optimum d'oxydation du gaïacol, considérée comme caractéristique, a été choisie comme critère de la présence éventuelle de tels enzymes.

La caractérisation de l'enzyme a été faite sur les extraits non purifiés préparés de la façon suivante : 5 g de champignon frais sont broyés avec

du sable dans 50 cm³ d'eau bidistillée. Après centrifugation, le liquide surnageant est utilisé comme préparation enzymatique.

Le gaïacol étant choisi comme test colorimétrique, la formation de gaïacoquinone est suivie au photocolorimètre Bonet-Maury. Le milieu réactionnel est constitué par 2 cm³ de tampon Mc Ilvaine de pH varié, 0,5 cm³ de préparation enzymatique, 0,2 cm³ de gaïacol M/20. On cherche le temps nécessaire pour que la densité optique initiale du milieu augmente de 0,5. Il a été vérifié que, dans les conditions de la réaction, l'augmentation de densité optique est une fonction linéaire du temps et que les volumes d'oxygène absorbés sont proportionnels à l'augmentation de densité optique. Un accroissement de densité optique du milieu réactionnel égal à 0,5 correspond sensiblement à l'absorption de 4 mm³ d'O_2 et à la formation de 44 μg de gaïacoquinone.

Les résultats résumés dans le tableau sont la moyenne de plusieurs mesures faites à partir d'échantillons provenant de récoltes différentes. Ils dépendent, notamment, de l'âge du Champignon. A titre d'exemple deux espèces qui oxydent le gaïacol mais ne renferment pas de phénolase acide ont été ajoutées au tableau.

Variation d'activité des phénolases vis-à-vis du gaïacol en fonction du pH.

L'activité est exprimée en microgrammes de gaïacoquinone formée par heure et par 100 mg de poids frais de champignon.

	pH					
Espèces.	3,2.	3,7.	4,2.	5,2.	6,2.	7,2.
Armillariella mellea (rhizomorphes).	–	1 150	**2200**	1 750	–	0 (*)
Lactarius plumbeus	1 800	**2000**	1 500	440	24	0
» *chrysorheus*	600	**950**	820	340	80	0
» *tabidus*	350	**500**	240	105	30	0
» *decipiens*	170	**210**	180	48	0	0
Russula xerampelina	–	1 000	**1270**	780	310	0
Lactarius pyrogalus	–	700	**800**	–	–	0
» *blennius*	–	650	**700**	250	80	0
» *sub-dulcis*	–	380	**450**	410	–	0
» *serifluus*	–	80	**88**	25	–	0
» *hepaticus*	–	82	**84**	50	–	0
» *camphoratus*	–	–	1 200	**1700**	1 250	380
Russula sardonia	–	–	900	**1100**	780	160
Lactarius fuliginosus	–	0	16	200	975	**1200**
» *zonarius*	–	0	20	370	850	**1900**

(*) Indique qu'aucune coloration mesurable n'a été obtenue au bout d'une heure.

Les espèces suivantes oxydent lentement le gaïacol à pH 4,2 et ne l'oxydent pas à pH 7,2. Elles contiennent donc une phénolase acide peu active : *Lactarius uvidus*, *Boletus scaber*, *Clitocybe infundibuliformis*, *Laccaria laccata*, *Rozites caperata*.

Les espèces suivantes n'oxydent le gaïacol ni à pH 4,2 ni à pH 7,2. Elles ne contiennent donc pas de phénolase acide : *Boletus granulatus*, *B. elegans*, *B. luteus*, *Amanita citrina*, *A. phalloides*, *Collybia fusipes*, *C. maculata*, *Cortinarius alboviolaceus*, *Mucidula radicata*, *Hypholoma fasciculare*, *Lepiota procera*, *Armillariella mellea*, *Paxillus involutus*, *Tricholoma columbetta*, *Gyroporus cyanescens*, *Phallus impudicus*, *Fistulina hepatica*, *Otidea onotica*, *Cantharellus cibarius*, *Lycoperdon bovista*, *L. piriformis*, *L. perlatum*.

Enfin, les espèces suivantes oxydent le gaïacol aussi bien à pH 4,2 qu'à pH 7,2. Elles contiennent donc une phénolase acide : *Lactarius quietus*, *L. vellereus*.

L'oxydation du pyrocatéchol avec pH optimum acide, réalisée par le mycélium de *Polyporus versicolor*, *P. zonatus* ([3]), *Marasmius peronatus* et quelques autres espèces ([4]), ([5]) pourrait être attribuée à ce type particulier d'oxydases.

Les extraits enzymatiques de *Lactarius chrysorheus*, *Lactarius plumbeus*, *Lactarius camphoratus*, *Russula sardonia* ont été purifiés par précipitation au sulfate d'ammonium. Comme dans le cas de l'Armillaire ([2]), l'enzyme purifié conserve le même pH optimum vis-à-vis de ses divers substrats phénoliques. Contrairement à la laccase il n'oxyde pas la benzidine et oxyde le *p*-crésol avec formation du précipité blanc.

Ces faits montrent que les phénolases acides du type de la phénolase d'Armillaire sont assez répandues chez les Champignons.

(1) M. Jacques-Félix et G. Legrand, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2257.
(2) G. Legrand et M. Jacques-Félix, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 38, 1956, p. 165.
(3) G. Lindeberg et G. Fahraeus, *Physiol. Plant.*, 5, 1952, p. 277.
(4) G. Lindeberg et G. Holm, *Physiol. Plant.*, 5, 1952, p. 100.
(5) G. Fahraeus et G. Lindeberg, *Physiol. Plant.*, 6, 1953, p. 150.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles données sur la constitution du phtiocérol* ([1]).

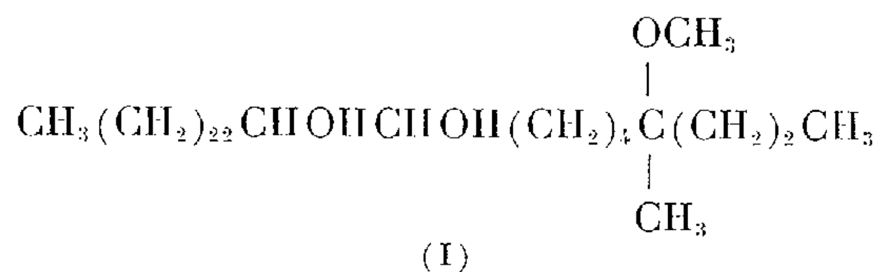
Note de Mme Hélène Demarteau-Ginsburg, présentée par M. Jacques Duclaux.

Nos essais conduisent à penser que le phtiocérol est un mélange à peu près équimoléculaire de deux substances $C_{36}H_{74}O_3$ de formule (VII) et (VIII).

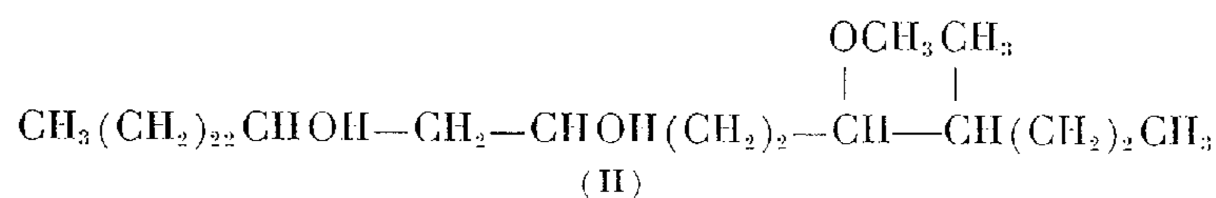
Le phtiocérol F 73-74°, $[\alpha]_D + 4°,3$ a été isolé par Anderson et ses collaborateurs de souches humaines ([2]), ([3]) et bovines ([4]) de *Mycobacterium tuberculosis*.

Ces auteurs ont montré qu'il a la formule brute $C_{35}H_{72}O_3$ ou $C_{36}H_{74}O_3$ et qu'il possède deux hydroxyles et un méthoxyle ([2]); S. Ställberg-Stenhagen et E. Stenhagen ([5]) ont montré que son squelette carboné est celui du

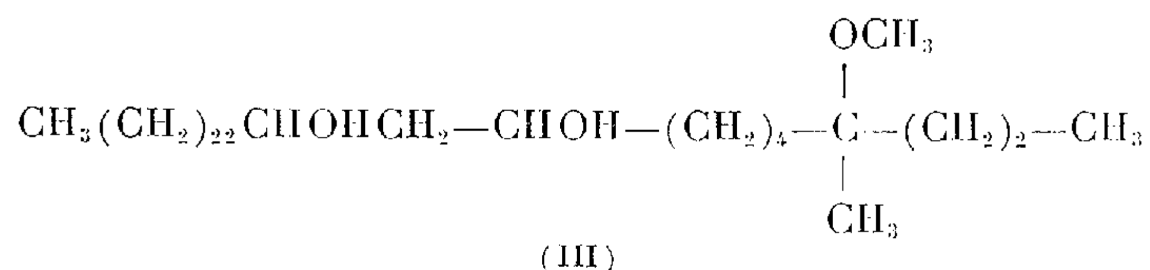
méthyl-4-tritriacontane ou méthyl-4-tétratriacontane. J. A. Hall et N. Polgar (6) lui ont attribué la formule (I)



Au cours de notre étude de la constitution du phtiocérol nous étions arrivés à la conclusion qu'il n'était pas un α-glycol mais un β-glycol et nous avons proposé la formule (II) (7) en nous basant sur la formule brute $C_{35}H_{72}O_3$:



Polgar et ses collaborateurs (8) ont alors adopté la structure d'un β-glycol de formule (III)



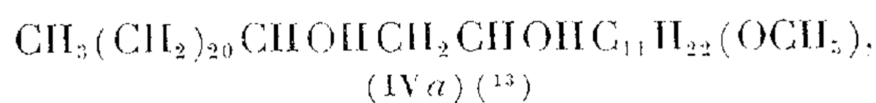
Récemment R. Ryhage, E. Stenhagen et E. von Sydow nous ont transmis le manuscrit d'une Note (9) dans laquelle ils prouvent par spectrographie de masse que le phtiocérol a 36 atomes de carbone.

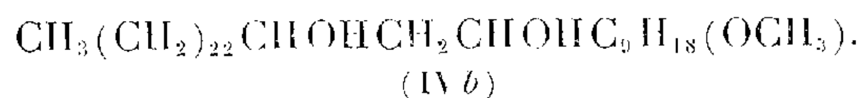
Nous apportons maintenant des précisions sur deux points importants de la structure du phtiocérol : 1° la position des hydroxyles; 2° la position du méthoxyle.

1° *Position des hydroxyles du phtiocérol.* — L'oxydation chromique du phtiocérol dans la pyridine a donné, après purification chromatographique, une β-*dicétone* $C_{36}H_{70}O_3$, F 50° caractérisée par son analyse ($C_{36}H_{70}O_3$, calculé %, C 78,48; H 12,81 ; OCH_3 2,73; trouvé %, C 78,27; H 12,77; OCH_3 2,97), par son spectre infrarouge [bande de carbonyle à 5,91 μ et de β-dicétone à 6,16 μ (10), pas de bande OH], par sa réaction positive au chlorure ferrique et par son spectre ultraviolet (λ_{max}, hexane, 272 mμ, ε = 4 700, se déplaçant à 298 mμ dans l'éthanol contenant 1 % de potasse, ε = 8 150) (11).

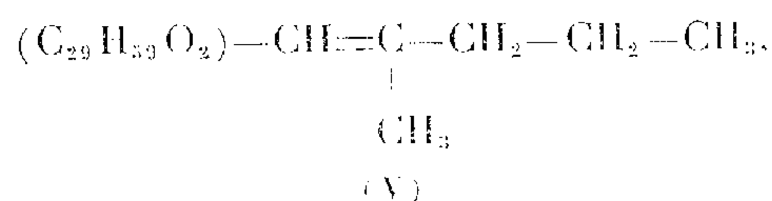
Un acide obtenu par oxydation chromique ménagée du phtiocérol dans l'acide acétique, et purifié par chromatographie, distillation et cristallisation a été identifié par M. le Professeur E. Stenhagen et ses collaborateurs (12) comme un mélange consistant, à parties égales, en acide *n*-docosanoïque et *n*-tétracosanoïque, avec des traces d'acide *n*-heneicosanoïque et *n*-tricosanoïque.

Nous sommes donc amenés à penser que le phtiocérol est un mélange de 2 β glycols très voisins [(IV*a*) et (IV*b*)] :

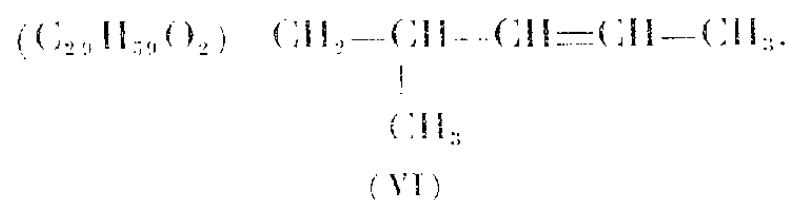




2° *Position du méthoxyle.* — Dans la formule (II) nous avions attribué au méthoxyle la position 5, car par déméthoxylation du phtiocérol nous avions obtenu un ènediol $C_{35}H_{70}O_2$, F 72° dont l'ozonisation a donné de la méthylpropylcétone. Cet essai répété nous a uniquement fourni comme substances volatiles de la méthylpropylcétone et des quantités notables d'acétaldéhyde. Un essai d'ozonisation de phtiocérol intact n'a fourni ni l'un ni l'autre de ces produits. Deux formules paraissaient donc possibles pour l'ènediol [(V) et (VI)] :

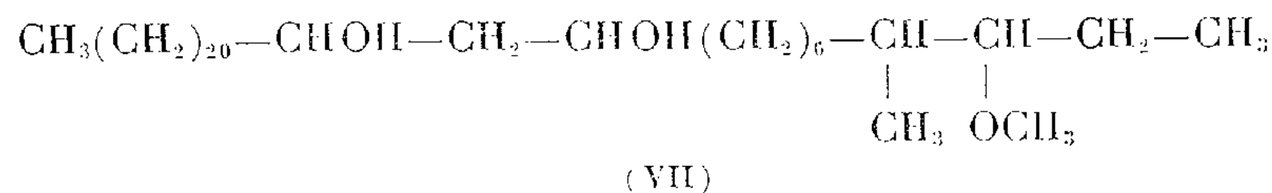


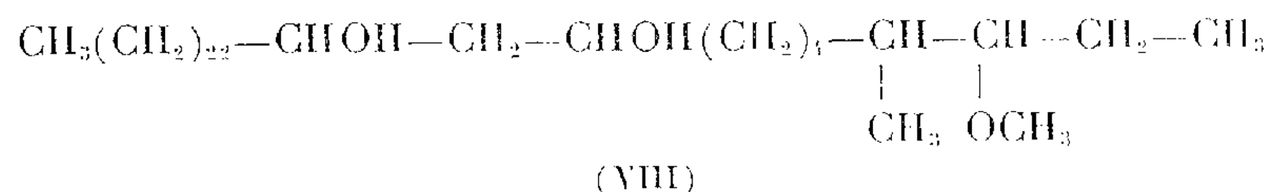
et



D'autre part R. Ryhage, E. Stenhagen et E. von Sydow [14] ont montré que le méthoxyle ne pouvait qu'être en position 2 ou 3, la position 3 leur paraissant plus probable. De notre côté par dégradation chromique ménagée [15] et chromatographie sur papier des acides volatils obtenus, nous avons mis en évidence *l'acide propionique* à l'exclusion d'acide butyrique ou isovalérique. Cette oxydation donnant une coupure de la chaîne à l'emplacement des groupes fonctionnels, nous pouvons conclure que *c'est le carbone* 3 *qui est porteur du méthoxyle,* la formation de l'ènediol (V) pouvant s'expliquer par migration de la double liaison de 3-4 en 4-5.

3° *Conclusion.* — L'ensemble de ces résultats nous conduit à penser que le phtiocérol est un mélange à peu près équimoléculaire de deux substances $C_{36}H_{74}O_3$, de formule (VII) et (VIII).





Dans leur Note récente ([9]) les auteurs suédois arrivent aussi d'ailleurs à la conclusion que le méthoxyle est sur le carbone 3 et proposent pour le phtiocérol la formule (VII).

([1]) 42e Communication sur les constituants des Mycobactéries; 41e communication : J. Defaye et E. Lederer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 38, 1956, p. 1301.

([2]) F. H. Stodola et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 114, 1936, p. 467.

([3]) R. E. Reeves et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 119, 1937, p. 535.

([4]) J. Cason et R. J. Anderson, *J. Biol. Chem.*, 119, 1937, p. 549.

([5]) *J. Biol. Chem.*, 173, 1948, p. 383; 183, 1950, p. 223; S. Ställberg-Stenhagen, E. Stenhagen, N. Sheppard, G. B. B. M. Sutherland et A. Walsh, *Nature*, 160, 1947, p. 580.

([6]) *Chemistry and Industry*, 1954, p. 1293.

([7]) H. Demarteau-Ginsburg et E. Lederer, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 815.

([8]) J. A. Hall, J. W. Lewis et N. Polgar, *J. Chem. Soc.*, 1956, p. 3971.

([9]) *Acta Chem. Scand.* (sous-presse).

([10]) R. J. Rasmussen, D. D. Tunicliff et R. R. Brattain, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1068.

([11]) J. R. Nunn, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 313.

([12]) Ryhage, Stenhagen et Tjeder, communication personnelle.

([13]) E. Stenhagen et coll. ([9]) ont montré par spectrographie de masse la présence d'un OH sur le carbone 22.

([14]) *Acta Chem. Scand.*, 10, 1956, p. 158.

([15]) H. Bickel, H. Schmid et P. Karrer, *Helv.*, 38, 1955, p. 649; C. F. Garbers, H. Schmid et P. Karrer, *Helv.*, 37, 1954, p. 1336.

PHARMACOLOGIE. — *Sur la synthèse et la toxicité de composés homologues de l'acide folique.* Note de Mlle **Monique De Clercq** et M. **René Truhaut** ([1]), présentée par M. René Fabre.

Le remplacement de la fonction amino-2 de l'aminoptérine, ou de l'acide ptéroïque correspondant, par un groupe thiométhylé conduit à des composés dépourvus de toxicité. Intérêt en chimiothérapie anticancéreuse.

Au cours de ces dix dernières années, a été mise en évidence l'action antitumorale de certains analogues structuraux de l'acide folique, doués de propriétés antagonistes vis-à-vis de ce facteur de croissance cellulaire ([2]). Ces substances provoquent la régression de diverses catégories de tumeurs greffées chez l'animal et plusieurs ont été utilisées en clinique humaine, notamment dans le traitement des leucémies aiguës (aminoptérine, A méthoptérine, aminoanfol etc.).

Malheureusement, toutes ces substances sont extrêmement toxiques, ce qui limite considérablement leurs possibilités d'utilisation. Tenant compte des relations entre les propriétés physiologiques et la structure chimique des antifoliques ([3]), ainsi que des heureux résultats obtenus dans la série des antipuriques par introduction du groupe —SH (exemple de la mercapto-6 purine),

nous avons synthétisé des analogues structuraux de l'acide folique possédant ce groupe —SH, libre ou méthylé, dans leur molécule.

(I) R = NH_2, R' = CH_3, R'' = —CO—NH—CH—COOH, CH_2—CH_2—COOH

(II) R = NH_2, R' = CH_3, R'' = —COOH

(III) R = NH_2, R' = H, R'' = —CO—NH—CH—COOH, CH_2—CH_2—COOH

(IV) R = NH_2, R' = H, R'' = —COOH

Ces dérivés furent préparés suivant un procédé classique ([4]), par condensation d'une diamino-4.5 pyrimidine avec le dibromo-2.3 propionaldéhyde-1 et l'acide *p*-aminobenzoylglutamique (ou l'acide *p*-aminobenzoïque), au sein d'un milieu tampon d'acétate de sodium.

Le *dibromo*-2.3 *propionaldéhyde*-1 fut obtenu avec un excellent rendement, par addition d'une molécule de brome sur l'acroléine en solution dans l'éther anhydre. Nous avons synthétisé l'*acide p-aminobenzoylglutamique* suivant Backer et Houtman ([5]) par condensation de l'acide glutamique sur le chlorure de l'acide *p*-nitrobenzoïque, puis réduction subséquente du groupement nitré par le sulfate ferreux en présence d'ammoniaque. D'autre part, la condensation du malononitrile sur la thiourée, en présence d'éthylate de sodium d'après Traube ([6]), a fourni la *thio*-2 *diamino*-4.6 *pyrimidine*, conduisant, par action du nitrite de sodium, au dérivé nitrosé dont la réduction par l'hydrosulfite de sodium donne la *thio*-2 *triamino*-4.5.6 *pyrimidine*. Cette base fut caractérisée par son picrate, F (bloc maquenne) 246°. La *méthylthio*-2 *diamino*-4.6 *pyrimidine* fut obtenue d'une façon analogue, après méthylation du groupe sulfhydryle de la *thio*-2 *diamino*-4.6 *pyrimidine* au moyen de l'iodure de méthyle; la triamine correspondante fond à 185° [suivant Baddiley et Coll. ([7]), F 182°].

I. *Acide p*. [N-{(*méthylthio*-2 *amino*-4 *ptéridyl*-6) *méthyl*} *amino*] *benzoylglutamique*. — Cette substance se résinifie vers 200°, elle conserve deux molécules d'eau de cristallisation, après avoir été séchée durant 2 h à 100° sous haut vide.

Analyse. — $C_{20}H_{21}N_7O_5S$, $2H_2O$, calculé %, C 47,33; H 4,93; S 6,31; N 19,3; trouvé %, C 47,99; H 4,82; S 6,26; N 18,49.

II. *Acide p.* [N-{(*méthylthio*-2 *amino*-4 *ptéridyl*-6) *méthyl*} *amino*] *benzoïque.* — Ce produit se résinifie vers 227°, et garde 3 mol d'eau.

Analyse. — $C_{15}H_{14}N_6O_2S$, $3H_2O$, calculé %, C 45,45; H 5,05; S 8,08; N 21,21; trouvé %, C 45,04; H 5,05; S 8,6; N 21,45.

III. *Acide p.* [N-{(*thio*-2 *amino*-4 *ptéridyl*-6) *méthyl*} *amino*] *benzoylglutamique.* — Nous avons isolé un produit qui se décompose vers 250°; toutefois, nous n'avons pas réussi à obtenir des résultats satisfaisants pour l'analyse élémentaire de cette substance, bien que la courbe de son spectre d'absorption dans l'ultraviolet paraisse assez régulière.

IV. *Acide p.* [N-{(*thio*-2 *amino*-4 *ptéridyl*-6) *méthyl*} *amino*] *benzoïque.* — Ce dérivé se décompose vers 240° et garde 1,5 mol d'eau.

Analyse. — $C_{14}H_{12}N_6O_2S$, $1,5H_2O$; calculé %, C 47,32; H 4,22; S 8,1; N 23,6; trouvé %, C 47,35; H 4,61; S 8,27; N 23,15.

Absorption dans l'ultraviolet des acides préparés, en solution dans la soude 0,1 N

	Maxima.	Minimum.		Maxima.	Minimum.
Acide I	2210 Å ⟋2900	2530 Å	Acide III	2195 Å 2870	2500 Å
Acide II	2200 ⟋2840	2485	Acide IV	2205 2845	2450

La toxicité aiguë des produits I, II et IV a été étudiée sur la Souris (Souche suisse, Stacel) par injection sous-cutanée, après solubilisation dans une solution aqueuse de carbonate de sodium à 3 %.

Aucun symptôme toxique n'a été relevé chez les animaux soumis aux très fortes doses de 3 g/kg pour I et 2 g/kg pour II, alors que, dans le cas de l'acide IV, des morts se produisent à partir de 1 g/kg, la dose léthale 50 étant voisine de 2 g/kg (DL_{50} de l'aminoptérine $< 2,5$ mg/kg). L'examen de la formule sanguine n'a révélé aucun signe d'anémie; en revanche, une légère leucopénie s'est manifestée chez les mâles soumis à II, tandis qu'en sens inverse une légère hyperleucocytose est apparue chez les mâles traités par IV.

(1) Avec la collaboration technique de Mlle Maria Le Coz.

(2) R. TRUHAUT, *La Presse médicale*, 1955, p. 880.
(3) M. DE CLERCQ, *Biologie médicale*, 45, 1956, p. 561.
(4) C. W. WALLER et coll. *J. Amer. chem. Soc.*, 70, 1948, p. 19.
(5) H. J. BACKER et A. C. HOUTMAN, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 70, 1951, p. 738.
(6) W. TRAUBE, *Liebig's Ann.*, 331, 1904, p. 80.
(7) J. BADDILEY, B. LYTHGOE, D. MC. NEIL et A. R. TODD, *J. Chem. Soc.*, 1943, p. 385.

PHARMACOLOGIE VÉGÉTALE. — *De certaines propriétés physiologiques d'une Apocynacée australienne non encore étudiée pharmacologiquement : le* Melodinus australis (*F. Mueller*) *Pierre*. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. René Souèges.

Bien qu'il appartienne à la famille des Apocynacées, l'une des plus importantes du règne végétal pour la matière médicale, et qu'il compte environ 75 espèces [1], le genre *Melodinus* a été presque totalement délaissé par les chimistes et les pharmacologistes. En effet, on leur doit seulement de savoir d'une part que quatre espèces australiennes, les *Melodinus acutiflorus* F. Mueller, *M. australis* (F. Mueller) Pierre, *M. bacellianus* (F. Mueller) Blake et *M. Guilfoylei* F. Mueller sont des plantes à alcaloïdes [2], d'autre part qu'une espèce indonésienne, le *M. lævigatus* Blume, contient un alcaloïde communiquant au réactif de Fröhde une magnifique coloration bleu foncé et tuant le Crapaud (*Bufo melanostictus*) à la dose de 8 mg [3].

L'organisation de la recherche scientifique du Gouvernement Australien ayant mis à notre disposition quelques centaines de grammes d'Écorces de *Melodinus australis* nous avons pu en isoler un alcaloïde que la chromatographie sur papier ne nous permet pas de considérer comme unitaire et surtout nous avons réussi à mettre en évidence quelques-unes des propriétés physiologiques de l'extrait aqueux de ces écorces.

Cet extrait provoque une hypotension qui est plus marquée et plus durable quand il est injecté pour la première fois que lors des injections suivantes. C'est ainsi que, dans une de nos expériences, dont les tracés sont joints à cette Note, la pression carotidienne s'est, après la première injection, abaissée assez rapidement de 152 à 49 soit de 103 mm de Hg et ne s'est relevée ensuite que très lentement, cependant qu'à la suite de la seconde injection, pourtant d'une dose double, elle n'est — après une hausse très faible et passagère qui l'a élevée de 114 à 123 — descendue qu'à 68, soit seulement à 46 mm au-dessous de son niveau antérieur vers lequel elle est d'ailleurs rapidement remontée.

L'action respiratoire a été elle aussi beaucoup plus forte à la suite de la première injection. Dans cette même expérience, en effet, cette injection a entraîné successivement : 1° une phase d'apnée interrompue d'abord par une unique contraction puis par une série de contractions rapides et très amples; 2° une période de tachypnée avec des mouvements respiratoires près de quatre fois plus profonds qu'initialement; 3° une phase où la fréquence fut très légèrement augmentée cependant que l'amplitude était à peu près doublée. A la suite de la seconde injection, celle-ci

d'une dose double, on constate que, après une phase initiale où il y a à la fois diminution de leur amplitude et augmentation de leur fréquence, les contractions respiratoires augmentent peu à peu d'amplitude et

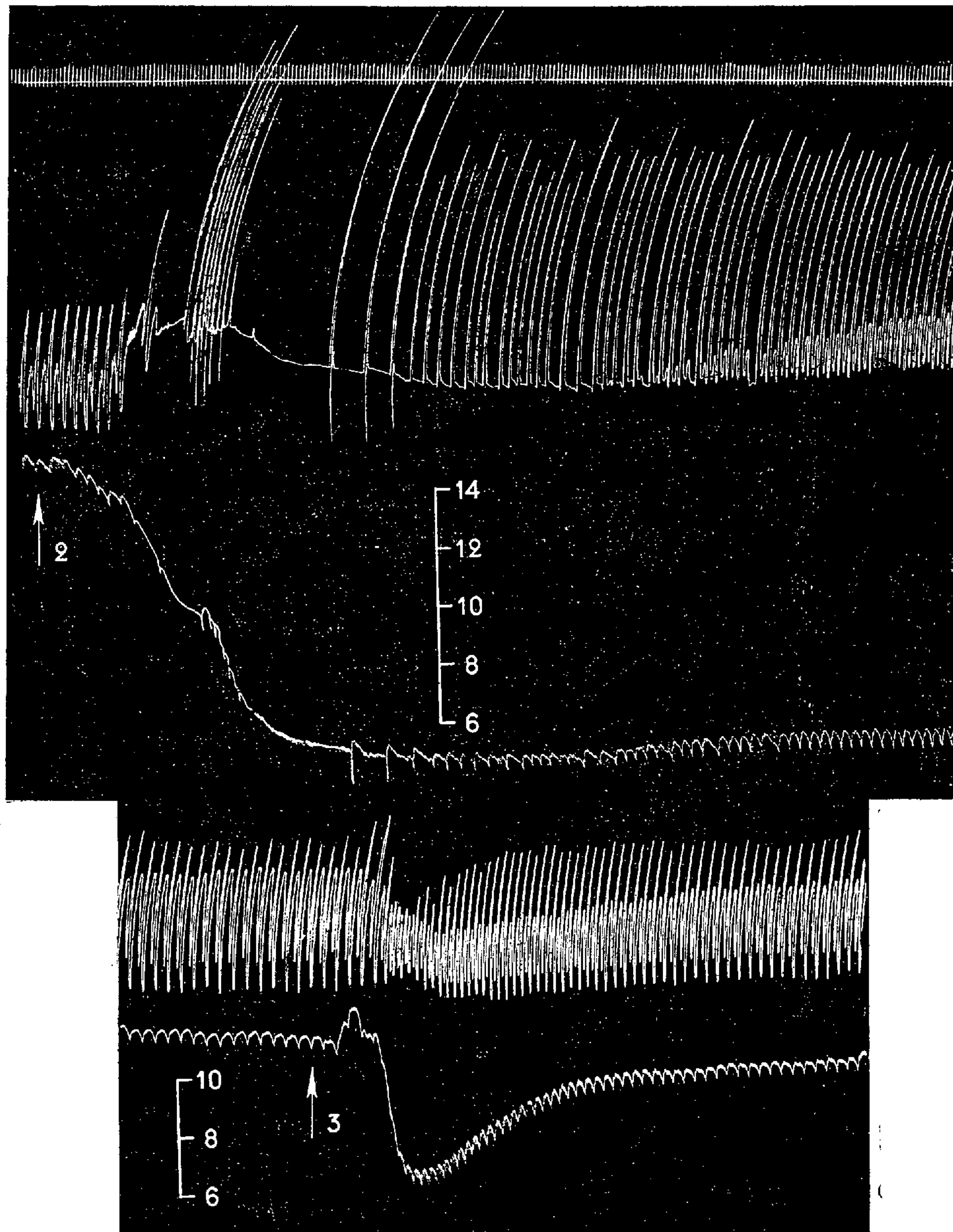


Fig. 1 — Chien de 10 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg). 1re ligne : Temps en secondes. 2e et 4e lignes : Contractions respiratoires enregistrées au moyen de l'explorateur de la pulsation cardiaque de Marey. 3e et 5e lignes : Variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. On a injecté dans la saphène, en 2, 10 ml, en 3, 20 ml d'extrait aqueux au 1/8e d'Écorces de *Melodinus australis*, obtenu par coction au bain-marie de 4 h, macération de 20 h, filtration sur papier, enfin addition de 8 mg de chlorure de sodium par centimètre cube. Tracés réduits de 25 %.

redeviennent bientôt telles qu'elles étaient avant l'injection cependant que leur fréquence, d'abord de 50 % supérieure à ce qu'elle était initialement, redevient finalement à peine plus grande qu'elle était alors.

Quant à l'influence de l'extrait de *Melodinus australis* sur les effets de l'adrénaline, elle est mise en évidence par la même expérience. Au début de celle-ci, l'injection de 0,014 mg de bitartrate d'adrénaline pure de

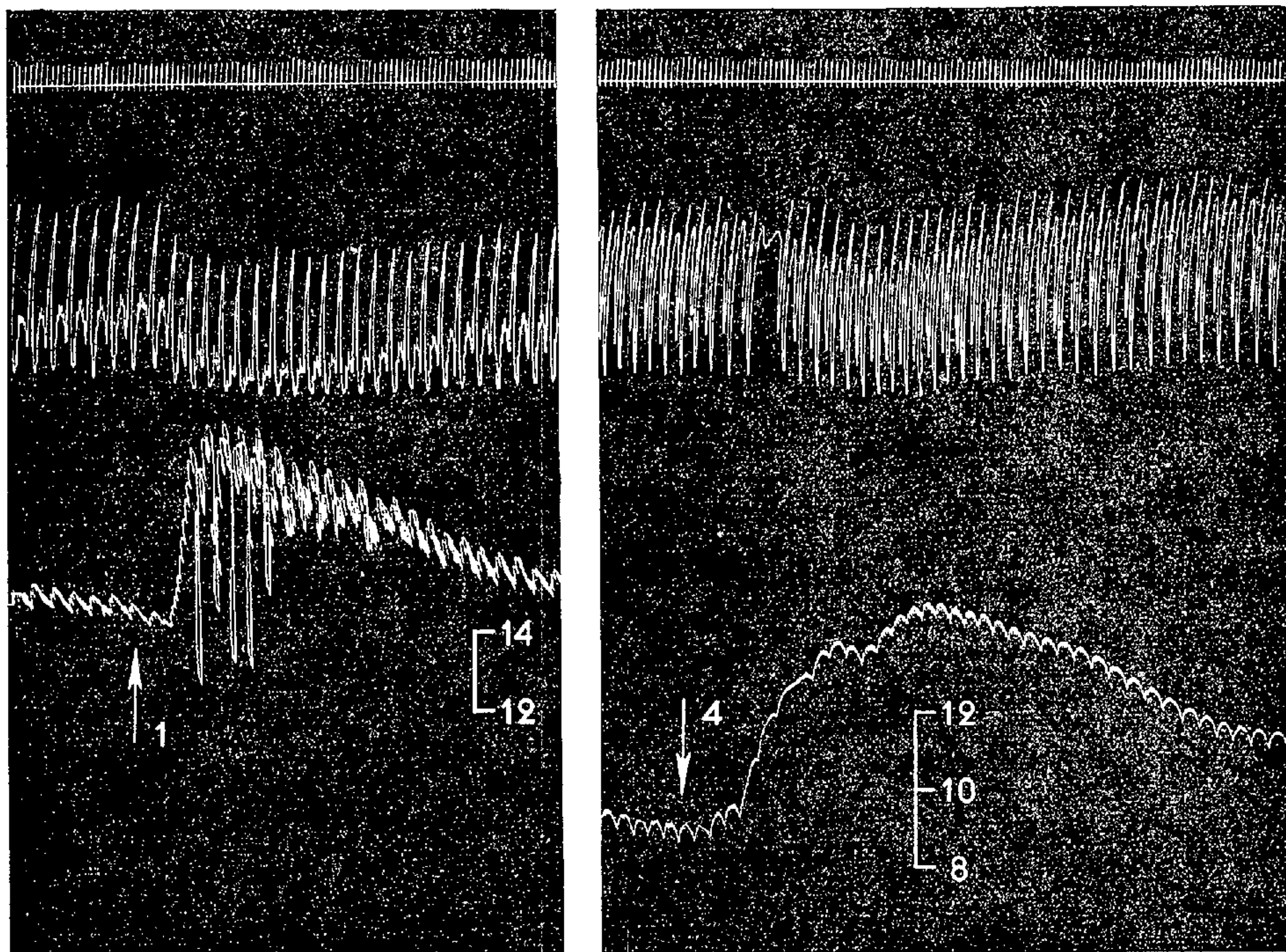


Fig. 2. — Complément de la figure 1. On a injecté dans la saphène, en 1 et en 4, 0,014 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Höchst. Entre 1 et 4 l'animal a reçu dans les veines, en quatre injections intraveineuses successives, une dose totale de 90 ml d'extrait aqueux au 1/8ᵉ de *Melodinus australis*. Tracés réduits de 25 %.

Höchst avait élevé la pression carotidienne de 148 à 193 soit de 45 mm de Hg et avait fait apparaître, d'une part de grandes oscillations du tensiogramme, d'autre part non point la bradypnée accoutumée mais une très légère accélération respiratoire. Quand l'animal eut été soumis à l'action de 9 ml d'extrait par kilogramme, l'injection de la même dose d'adrénaline qu'auparavant éleva la pression carotidienne de 91 à 148 soit de 57 mm de Hg, n'entraîna plus de grandes oscillations du tensiogramme et provoqua une apnée de 6 s. Ici la suppression complète des réactions cardiaques produites par l'hypertension adrénalinique ne s'est donc pas accompagnée de l'abolition des réactions respiratoires que cette hypertension entraîne normalement.

(1) M. Pichon, *Mém. du Muséum nat. d'Hist. nat.*, Nouv. sér., 24, 1948, p. 125-130.

(2) L. J. Webb, Bulletin, n° 268, *Commonwealth scientific industr. Res. Organization*, Australia, 1952, p. 23-24.

(3) M. Greshoff, *Mededeelingen uit s'Lands Plantentuin*, 7, 1890, p. 46-47.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la toxicité et la dose médicamenteuse du chlorure stanneux pour le Cobaye, le Lapin et la Souris.* Note de MM. **Robert Deschiens**, **Didier Bertrand** et **Robert Romand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'oxyde stanneux et le chlorure stanneux présentent des propriétés anthelminthiques. Chez le Cobaye, le Lapin et chez la Souris les doses léthales sont de 40 à 60 mg par kilogramme et par jour, pendant 6 jours et les doses médicamenteuses de 4 mg par kilogramme et par jour, pendant 8 jours consécutifs; coefficient chimiothérapeutique : 1/10e à 1/15e.

On sait que l'étain et certains de ses sels minéraux, en particulier l'oxyde stanneux, sont utilisés avec efficacité dans le traitement de certaines helminthiases humaines (tæniasis, bilharziose intestinale).

L'oxyde stanneux, insoluble dans l'eau lorsqu'il est ingéré, semble partiellement transformé par l'acide chlorhydrique de l'estomac en chlorure stanneux, sel soluble, qui, pénétrant dans l'économie de l'hôte et du parasite, peut exercer des effets pharmacodynamiques parasiticides.

Dans la bilharziose intestinale à *S. mansoni*, l'activité de l'oxyde stanneux administré *per os* (1), (2), (3) paraît se relier à la transformation partielle de ce sel en chlorure stanneux dans l'économie, à l'absorption de celui-ci par les vaisseaux mésentériques et à sa concentration maxima dans le système porte où vivent les schistosomes.

Au cours de recherches pharmacodynamiques ayant pour but de substituer le chlorure stanneux, en injections intramusculaires, à l'oxyde stanneux, administré *per os*, nous avons été amenés à préciser les doses toxiques (en imprégnation lente) et thérapeutiques, du chlorure stanneux, pour le Cobaye, le Lapin et la Souris.

La documentation qu'on possède sur la toxicité des sels minéraux de l'étain est restreinte. L'administration *per os*, au Chien, de 4 à 6 g de chlorure stanneux (200 mg/kg environ) provoque, chez l'animal, des troubles intestinaux graves et parfois mortels; en injections intramusculaires, cette même dose détermine des convulsions, de la dyspnée et une paralysie mortelle. Chez l'Homme, l'intoxication par le chlorure stanneux (protochlorure d'étain) suscite des troubles gastro-intestinaux avec vomissements et sensation de saveur métallique dans la bouche (4).

En ce qui concerne les sels organiques de l'étain, on sait que le tétraéthylétain est toxique pour le Chien (en injection intraveineuse, à des

doses comprises entre 0,025 et 1 mmol/kg d'une solution à 2 ‰) en 2 h à trois jours ([5]).

D'autre part, sur le plan biochimique, on sait que l'étain se rencontre normalement dans certains viscères de Mammifères et que, chez le Bœuf, il se localise électivement dans la muqueuse de la langue où sa concentration peut atteindre 2 à 4 mg/kg ([6]). En outre, il a été établi que l'étain marqué ^{113}Sn, après administration au Chien sous la forme de tétraéthylétain, se localise électivement sur les poumons, le rein, les glandes salivaires, le cœur, la langue, la peau et le système nerveux ([7]).

Chez le Cobaye (4 animaux de 300 à 500 g éprouvés, par injections intramusculaires), la dose léthale du chlorure stanneux administré pendant 6 jours consécutifs, a été établie par nous à 40 mg par kilogramme et par jour, soit 20 mg d'étain par kilogramme et 240 mg par kilogramme de chlorure stanneux, au total. La dose médicamenteuse bien tolérée a été de 4 mg par kilogramme de chlorure stanneux et par jour, soit 2 mg d'étain par kilogramme, administrés pendant 6 jours consécutifs. Le coefficient chimiothérapeutique est donc de 1/10e.

Aux doses toxiques, les lésions observées, chez le Cobaye, révèlent une congestion à petits foyers hémorragiques des poumons, une hépatite parenchymateuse et une néphrite épithéliale; cliniquement, on note de la dyspnée, du larmoiement, un tremblement généralisé et une paralysie du train postérieur. La recherche de l'étain dans le foie et dans le rein, par la méthode spectrographique se montre positive.

Chez le Lapin (4 animaux de 2 kg éprouvés, par injections intramusculaires), les doses léthale et médicamenteuse ont été les mêmes que celles notées chez le Cobaye; les lésions et les signes cliniques ont été comparables.

Chez la Souris (8 animaux de 20 g éprouvés, par injections intramusculaires), la dose léthale du chlorure stanneux a été de 60 mg par kilogramme et par jour, administrés pendant 8 jours consécutifs, soit 30 mg d'étain par kilogramme et par jour et 360 mg par kilogramme de chlorure stanneux, au total. La dose médicamenteuse anthelminthique pour *S. mansoni* est de 4 mg de chlorure stanneux par kilogramme et par jour, pendant 8 jours consécutifs. Le coefficient chimiothérapeutique est de 1/15e.

Les animaux intoxiqués ont présenté des altérations hépatiques et rénales (hépatite parenchymateuse, néphrite épithéliale). Chez eux, comme chez ceux ayant reçu des doses médicamenteuses, il a été noté, à l'autopsie, la présence dans le foie de dépôts granuleux bruns foncés, d'aspect métallique, que l'examen spectrographique a permis de reconnaître riches en étain.

(1) R. DESCHIENS, *Bull. Soc. Path. exotique*, 47, 1954, p. 79.
(2) J. MAUZE et G. ARNAUD, *Bull. Soc. Path. exotique*, 47, 1954, p. 77.
(3) J. BELLON, *Bull. Soc. Path. exotique*, 48, 1955, p. 197.
(4) R. FABRE, *Leçons de toxicologie*, Paris, 2, 1945.
(5) F. CAUJOLLE, M. LESBRE, A. BRU, D. MEYNIER et Y. BRU, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1829.
(6) G. BERTRAND, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 780.
(7) F. CAUJOLLE, M. LESBRE, A. BRU, D. MEYNIER et Y. BRU, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 1829.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur de nouveaux esters phosphorylés de la choline.*

Note (*) de MM. **RENÉ HAZARD, JEAN CHEYMOL, PIERRE CHABRIER et Mme ABIGAËL CARAYON-GENTIL**, transmise par M. Léon Binet.

Les auteurs décrivent la préparation du dibromure de phénylphosphoryldicholine et celle du bromure de diphénylphosphorylcholine. Ils étudient quelques propriétés pharmacologiques de ces substances comparativement à celles du bromure de choline et du bromure de phosphorylcholine.

Dans de précédentes Notes (1), (2), nous avons décrit la préparation et quelques propriétés d'esters orthophosphoriques β-halogénés du type (I) et (II) et étudié la réactivité de l'atome d'halogène terminal dans les réactions de double décomposition.

$$\underset{(I)}{(C_6H_5O)_2POOCH_2CH_2X} \qquad \underset{(II)}{C_6H_5OPO(OCH_2CH_2X)_2}.$$

Dans cette Note nous étudierons une réaction d'addition conduisant à de nouveaux dérivés de la choline (III), (IV) dont nous indiquerons quelques propriétés pharmacologiques

$$(C_6H_5O)_2POOCH_2CH_2Br + (CH_3)_3N \rightarrow \underset{(III)}{(C_6H_5O)_2POOCH_2CH_2N(CH_3)_3 \atop \qquad\qquad\qquad\qquad | \atop \qquad\qquad\qquad\qquad Br}$$

$$C_6H_5OPO(OCH_2CH_2Br)_2 + 2(CH_3)_3N \rightarrow \underset{(IV)}{C_6H_5OPO[OCH_2CH_2N(CH_3)_3]^2}$$

Pour obtenir ces composés (III) et (IV) il suffit de mettre en contact l'ester phosphorique bromé (I) ou (II) et la triméthylamine en milieu benzénique.

Bromure de diphénylphosphorylcholine (III). — Dans un flacon bouché à l'émeri renfermant 25 ml de benzène on dissout 10,4 g d'ester β-bromoéthyldiphénylphosphorique et 18 ml d'une solution benzénique de triméthylamine à 24 % en poids. On abandonne à température ordinaire. Un précipité cristallin se sépare peu à peu. Après 3 à 4 jours de contact on le recueille. Poids 8,5 g.

Rendement de l'opération : 70 % environ.

Propriétés. — Le bromure de diphénylphosphorylcholine peu hygroscopique fond à 113°, il est très soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther et le benzène.

Analyse. — $C_{17}H_{23}O_4NPBr$, calculé %, C 49,03; H 5,55; N 3,36; P 7,45; Br 19,25; trouvé %, C 48,9; H 5,61; N 3,6; P 7,28; Br 19,30.

Dibromure de phénylphosphoryldicholine (IV). — On dissout 10,4 g d'ester dibromoéthylphénylphosphorique dans 35 ml d'alcool absolu tenant en solution 5 g de triméthylamine. La solution benzénique est chauffée 2 h 30 au bain-marie en tube scellé. Il se sépare une huile qui après deux jours de repos se concrétise peu à peu. Poids 9,2 g.

On extrait l'huile concrète très hygroscopique par l'eau et évapore à siccité la solution aqueuse.

Rendement de l'opération : 70 % environ.

Propriétés. — Le dibromure de phénylphosphoryldicholine est très hygroscopique, soluble dans l'eau et l'alcool, il est insoluble dans l'éther et le benzène.

Analyse. — $C_{16}H_{31}O_4N_2PBr_2$, calculé %, P 6,12; Br 31,62; N 5,53; trouvé %, P 6,03; Br 30,04; N 5,20.

Le tableau ci-après indique quelques propriétés pharmacologiques des dérivés de la choline décrits ci-dessus comparativement à celles de la phosphorylcholine et de la choline elle-même.

Les monophényl (196 H.C) et diphénylphosphorylcholine (201 H.C) étudiés sont environ 3 fois plus toxiques que le bromure de choline et 23 fois plus que la phosphorylcholine (sel de calcium).

Sur l'intestin isolé de Cobaye, ils n'entraînent pas de contraction mais au contraire suppriment celle produite par l'acétylcholine. Le 201 H.C est ici beaucoup plus inhibiteur que le 196 H.C tandis que la phosphorylcholine n'a pas d'effet sur ce test aux doses utilisées.

Sur le *rectus abdominis* isolé de Grenouille il y a dissociation entre les deux esters, le monophényl (196 H. C.) est environ 20 fois plus contracturant que le bromure de choline, le diphényl (201 H. C.) est dépourvu de cette activité, il diminue par contre l'action motrice de l'acétylcholine à une dose environ 300 fois plus faible que celle du bromure de phosphorylcholine.

Sur la pression artérielle du Chien chloralosé, le bromure de phosphorylcholine (sel de calcium) est environ 10 fois moins hypotenseur que le bromure de choline, le 196 et le 201 H. C. sont peu hypotenseurs, le 196 H. C. seul possède une action nicotinique.

L'introduction d'un ou deux groupements phényl dans la phosphorylcholine modifie considérablement les propriétés de cette molécule. Elle en augmente la toxicité et fait apparaître une action antiacétylcholine sur la fibre intestinale. L'emploi du muscle isolé de Grenouille permet de dissocier les effets des deux corps nouveaux (196 H. C. : 1 phényl + 2 cholines, 201 H. C. : 2 phényl + 1 choline).

N° conventionnel.	Constitution.	DL 50 Souris i/v (mg/kg).	Organes isolés. Intestin Cobaye. contraction.		Rectus grenouille. contraction.		Pression artérielle. — Chien chloralosé par rapport à action Br. choline = 1 (*).
				vis-à-vis contraction A/C.		vis-à-vis contraction A/C.	
			Concentration				
Br. choline (étalon).	$CH_2OH—CH_2—N\equiv(CH_3)_3$ (N—Br)	53	1.10^{-4}	—	1.10^{-3}	0	1
196 H. C.	$C_6H_5—O—P(=O)=[O—CH_2—CH_2—N\equiv(CH_3)_3]_2$ (N—Br)	18	0	Diminution 1.10^{-5} Suppression 5.10^{-5}	5.10^{-5}	0	A 1 mg : action = 1, A 2 mg : action nicotinique
201 H. C.	$[C_6H_5—O]_2=P(=O)—O—CH_2—CH_2—N\equiv(CH_3)_3$ (N—Br)	16,5	0	Diminution 5.10^{-7} Suppression 1.10^{-6}	0	Diminution 1.10^{-5} Suppression 5.10^{-5}	A 1 mg : = 0, A 5 mg : = 3, pas d'action nicotinique
Bromure de phosphorylcholine (sel de Ca)............	Ca<(O)(O)>P(=O)—O—$CH_2—CH_2—N\equiv(CH_3)_3$ (N—Br)	400	0	0	0	Diminution $3,7.10^{-3}$	0,1

(*) 2 mg/kg br. de choline entraînent une faible hypotension de 1 cm.

(*) Séance du 26 novembre 1956.

([1]) *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 986.

([2]) *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1785.

MICROBIOLOGIE. — *Mise en évidence d'un antagonisme entre riboflavine et bore dans le domaine microbiologique.* Note de M. **Jean Adrian** ([1]), présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'acide borique inhibe la croissance de *L. arabinosus* et de *L. casei* cultivés sur milieu complet de référence. L'inhibition est levée par une surcharge de riboflavine alors que les autres vitamines B sont sans effet.

Récemment, W. Landauer ([2]) a montré que des injections d'acide borique dans l'œuf de poule provoquaient des malformations embryonnaires analogues à celles produites par la carence en riboflavine. Ces anomalies étaient évitées si l'on injectait une surcharge de riboflavine conjointement à l'administration de bore. Ce fait nous a incité à rechercher s'il existait un antagonisme fondamental entre le bore et la vitamine B_2 susceptible de se manifester chez les microorganismes. Nous avons utilisé à cette fin *Lactobacillus arabinosus* 17/5 et *Lactobacillus casei* ε qui servent aux dosages

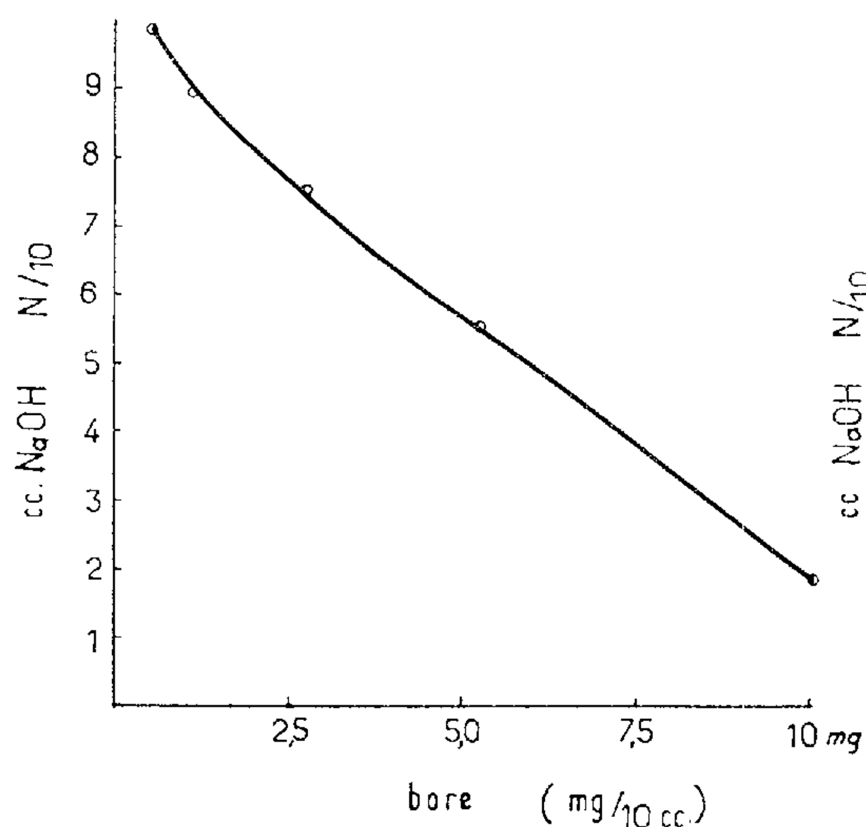


Fig. 1.

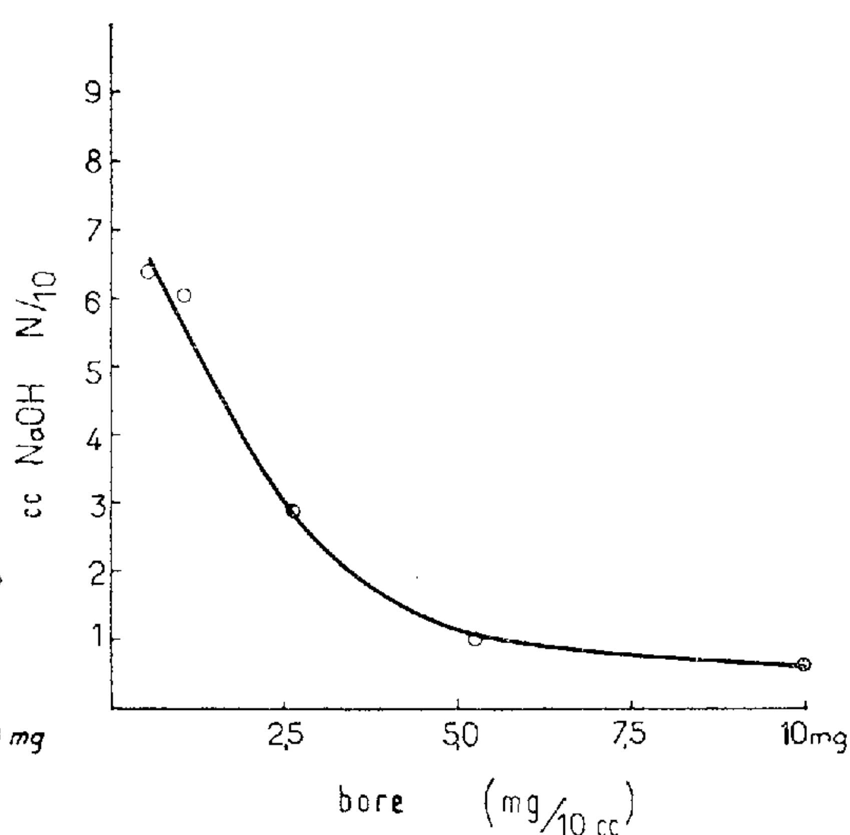


Fig. 2

Fig. 1. — Inhibition de *L. casei* (milieu complet de Snell et Strong) par l'acide borique.

Fig. 2. — Inhibition de *L. arabinosus* (milieu complet de Snell et Wright) par l'acide borique.

des vitamines B. Alors que normalement, la croissance de ces bacilles est proportionnelle jusqu'à un certain seuil aux doses de riboflavine (*L. casei*) ou de niacine (*L. arabinosus*) présentes dans le milieu, l'addition d'acide

borique inhibe le développement. Pour démontrer cet effet inhibiteur, nous avons ajouté des doses croissantes de cet acide à des milieux contenant les quantités de riboflavine et de niacine qui permettent une bonne croissance. Les graphiques I et II montrent l'action inhibitrice de l'acide borique.

Dans nos conditions expérimentales, l'inhibition est totale pour une surcharge de 22 mg de bore par 10 ml.

Le bore est-il un facteur antimétabolite ou simplement un agent toxique ? C'est le deuxième point de notre recherche.

Nous avons alors adopté :

— pour *L. arabinosus* le milieu de E. E. Snell et L. D. Wright [3] additionné de 0,5 μg de niacine et de 22 mg de bore pour 10 ml;

— pour *L. casei* le milieu de E. E. Snell et F. M. Strong [4] additionné de 0,5 μg de riboflavine et de 22 mg de bore pour 10 ml.

Dans ces conditions, il n'y a aucune croissance. Nous procédons alors à des surcharges vitaminiques variables en nature et en quantité. Pour simplifier la présentation des graphiques III et IV, nous exprimons ces surcharges en centimètres cubes :

Vitamines.	Nombre de ml ajoutés à 10 ml de milieu.	Correspondance pour 10 ml de milieu.
Thiamine	0,05 à 3,0	0,05 à 3,0 mg
Riboflavine	0,05 à 3,0	0,05 à 3,0 »
Niacine	0,05 à 3,0	0,05 à 3,0 »
Pyridoxine	0,05 à 3,0	0,05 à 3,0 »
Acide p. a. b.	0,05 à 3,0	0,05 à 3,0 »
Acide folique	0,05 à 3,0	2,0 à 120 μg
Biotine	0,05 à 3,0	2,0 à 120 »

En bref, les tubes de culture, en plus des milieux habituels, renfermaient une dose constante d'acide borique correspondant à 22 mg de bore pour 10 ml et une surcharge variable de telle ou telle vitamine B. Les graphiques III et IV rapportent les résultats de cet essai.

En ce qui concerne *L. casei*, une surcharge en niacine ou en acide pantothénique combat très légèrement l'influence inhibitrice de l'acide borique, mais seule la surcharge en riboflavine restaure pleinement la croissance du bacille.

Avec *L. arabinosus* les choses sont encore plus nettes, car les surcharges en tous les facteurs vitaminiques B — hormis la riboflavine — sont rigoureusement sans effet sur la croissance. Par contre, ici aussi, la surcharge en riboflavine restaure le développement normal.

En résumé, l'acide borique inhibe la croissance de certains lacto-bacilles en exerçant une action antagoniste vis-à-vis de la riboflavine. En présence de bore, ces microorganismes ont un besoin très accru en vitamine B_2

alors que les besoins des autres vitamines B ne semblent pas modifiés. Il s'agit là d'une interrelation caractéristique qui se manifeste proportionnellement aux doses de riboflavine et de bore mises en présence et non

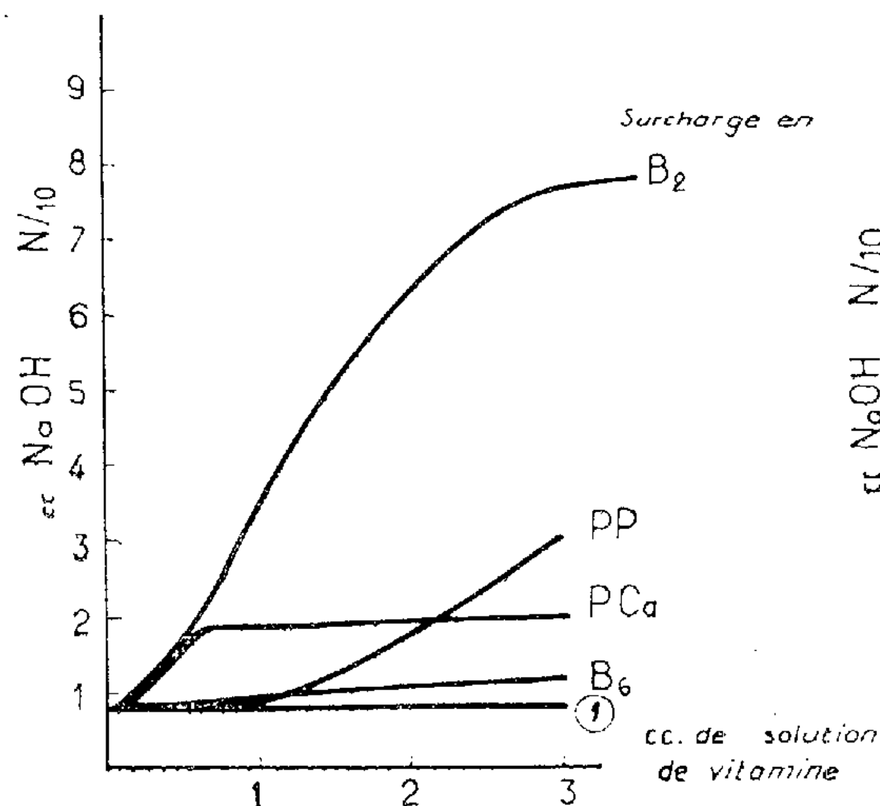


Fig. 3.

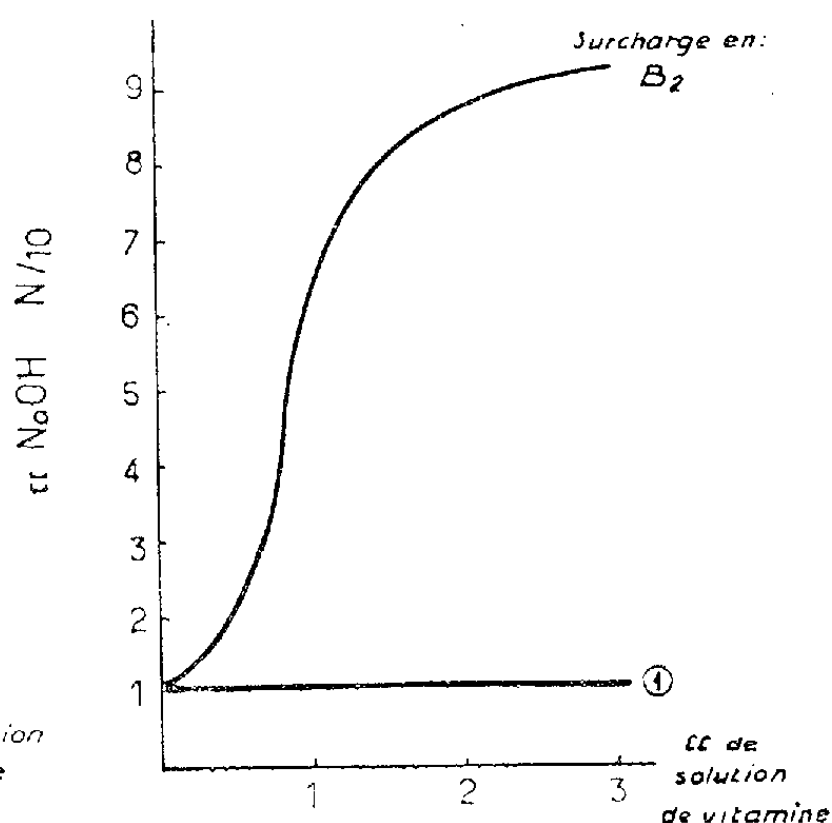


Fig. 4.

Fig. 3. — Influence de surcharges vitaminiques sur la croissance de *L. casei* (milieu complet de Snell et Strong) inhibée par l'acide borique (22 mg bore pour 10 cm³).

Fig. 4. — Influence de surcharges vitaminiques sur la croissance de *L. arabinosus* (milieu complet de Snell et Wright inhibée par l'acide borique (22 mg bore pour 10 cm³).

d'une action léthale du bore caractérisée par un seuil net d'action. Il conviendrait de rechercher si l'effet antiseptique de l'acide borique relève de l'interrelation que nous signalons ici.

(¹) Avec la collaboration technique de Mme Colette Bertin.
(²) *J. exp. zool.*, **120**, 1952, p. 469-508.
(³) *J. biol. chem.*, **139**, 1941, p. 675.
(⁴) *Eng. chem. Anal. Ed.*, **11**, 1939, p. 346-350.

SÉROLOGIE. — *Sur une nouvelle méthode de dosage des β-lipoprotéines sériques par l'héparine.* Note de MM. **Meier Burstein** et **Jean Samaille**, présentée par M. Léon Binet.

Nous avons montré (¹) qu'en présence de $CaCl_2$ le sulfate de dextrane précipite l'ensemble des β-lipoprotéines sériques; dans un sérum débarrassé des sels par dialyse, le sulfate de dextrane peut être remplacé par l'héparine.

Ceci nous a permis de mettre au point une technique opacimétrique de dosage des β-lipoprotéines.

A 2 ml d'une solution 0,025 M de $CaCl_2$ dans l'eau distillée, on ajoute 0,20 ml de sérum; après avoir déterminé la densité optique du mélange (spectrophotomètre de Colleman Jr, longueur d'onde 700 μ), on introduit dans le tube 0,04 ml d'une solution d'héparine à 1 % (concentration finale d'héparine : 1 pour 5 000 environ). Les β-lipoprotéines précipitent, et au bout de 4 mn on procède à une nouvelle lecture; l'accroissement d'opacité est directement proportionnel au taux des β-lipoprotéines (avec un sérum dilué de moitié on trouve une opacité deux fois plus faible). La précipitation de β-lipoprotéine est complète, et le précipité séparé par centrifugation renferme l'ensemble des β-lipoprotéines. En dehors des β-lipoprotéines rien ne précipite; en effet, lorsqu'il s'agit d'un sérum débarrassé de β-lipoprotéines, l'addition d'héparine n'augmente pas la densité optique (sérum adsorbé sur oxalate de calcium fraîchement préparé [2]; sérum adsorbé sur bentonite [3]; sérum centrifugé pendant 5 h à 40 000 t/mn (Spinco) en présence de KBr (densité 1 150); surnageant séparé après centrifugation du sérum additionné de sulfate de dextrane et de $CaCl_2$).

La précipitation des β-lipoprotéines est indépendante du pH dans la zone située entre pH 6,50 et pH 8,50; au-delà de pH 8,50, l'opacité diminue; vers pH 10,00 aucun précipité ne se forme. L'augmentation de la force ionique empêche l'insolubilisation des lipoprotéines; lorsque le $CaCl_2$ est dissout dans du NaCl à 6 ‰, l'héparine ne détermine aucun trouble.

Le taux d'héparine joue peu; la densité optique reste la même dans une zone de concentration d'héparine allant de 1 pour 20 000 à 1 pour 1 000. Chez des sujets apparemment normaux (300 donneurs bénévoles), les chiffres d'opacité varient entre 15 et 30; dans 10 % des cas environ on trouve des chiffres supérieurs à 30 (entre 30 et 40).

Nous avons dosé par ailleurs les lipides, après extraction par un mélange méthylal-méthanol suivant la méthode de Delsal, dans le précipité séparé après centrifugation du sérum auquel on ajoute du sulfate de dextrane et du $CaCl_2$ (10 ml de sérum + 0,2 ml de sulfate de dextrane à 10 % + 1 ml de CaCl M). Nous avons pu ainsi déterminer la valeur de la fraction lipidique des β-lipoprotéines chez des sujets normaux. Les chiffres obtenus varient entre 2,40 et 7,10 g/l. Le tableau montre l'existence d'une corrélation étroite entre le test à l'héparine et le taux des lipides dans les β-lipoprotéines.

Accroissement d'opacité en présence d'héparine....	13	15	18	21	24	26	32	34	36	40
Taux des lipides (g/l) (β-lipoprotéines)......	2,40	2,80	3,40	4,00	4,60	5,10	5,75	6,00	6,30	7,10

La corrélation est beaucoup moins nette avec le taux de cholestérol. La

méthode utilisée pour doser le cholestérol des β et α-lipoprotéines était la suivante : à 1 ml de sérum on ajoute 0,02 ml de sulfate de dextrane à 10 % et 0, 10 ml de $CaCl_2M$. Après centrifugation le précipité est lavé dans une solution 0,1 M de $CaCl_2$, et redissout ensuite dans un ml de citrate de soude à 4 ‰. Le sérum séparé du précipité permet de doser le cholestérol de la fraction α, et le précipité redissout le cholestérol de la fraction β.

Dans les cas pathologiques avec augmentation du taux de β-lipoprotéines (néphrose lipoïdique, ictère par rétention, myxœdème, certaines athéroscléroses) le test à l'héparine donne des chiffres beaucoup plus élevés que chez les sujets normaux (chiffres d'opacité allant jusqu'à 100). De même dans les sérums lactescents (lipémie post-prandiale, lipémie essentielle) on trouve des chiffres très élevés; en effet, les chylomicrons se comportent comme les β-lipoprotéines.

Notons que chez la plupart des accouchées, le chiffre d'opacité dépasse 30, ce qui montre que le taux des β-lipoprotéines est augmenté au moment de l'accouchement. Par contre, dans le sérum du cordon les chiffres sont très bas (4 à 11).

Chez les espèces outre que l'Homme, les chiffres sont également très faibles : 3 à 11 chez le Lapin, 4 à 7 chez le Cobaye, 3 à 6 chez le Rat, 3 à 5 chez le Mouton, 5 à 8 chez le Bœuf. En ce qui concerne le Lapin, le chiffre augmente considérablement après des hémorragies répétées.

Conclusion. — La précipitation des β-lipoprotéines sériques par l'héparine en présence de $CaCl_2$ permet le dosage opacimétrique de cette fraction. Le taux des β-lipoprotéines est beaucoup plus élevé chez l'Homme que chez les autres Mammifères. Il est bas dans le sang du cordon et il s'élève, souvent considérablement, dans diverses conditions pathologiques.

(1) M. BURSTEIN, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 527.
(2) M. BURSTEIN et J. SAMAILLE, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 2022.
(3) E. NIKKILA et O. BLOOM, *Science*, 116, 1952, p. 685.

SÉROLOGIE. — *Préparation et propriétés du sérum antihyaluronidase.* Note (*) de M. JEAN LOISELEUR, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Comme on le sait, l'hyaluronidase dépolymérise et diminue la viscosité de l'acide hyaluronique, en activant ainsi le tissu conjonctif dans sa perméabilité et par conséquent dans son métabolisme. Le sérum antagoniste, qui peut être préparé facilement, inhibe spécifiquement les effets de l'hyaluronidase, en s'opposant à la dégradation de l'acide hyaluronique et en diminuant la vitesse de diffusion dans le tissu conjonctif.

1. *Préparation du sérum.* — Deux préparations d'hyaluronidase ont

été expérimentées, provenant soit du *Staph. a.* soit du testicule de Taureau.

Le produit d'origine microbienne est toxique : 4 injections intraveineuses, pratiquées dans un intervalle de 9 jours avec des doses croissantes de 10 à 50 unités T. R. U. (1), entraînent la mort du Lapin avec une perte de poids égale à 36 %.

L'hyaluronidase (2) extraite du testicule de Taureau est mieux tolérée. 3 lapins reçoivent les injections intraveineuses suivantes :

1er jour,	injection de	15 unités,	dissoutes dans	1,5 ml	de NaCl à 7 %
3e	»	»	30	»	»	2	»
5e	»	»	30	»	»	2	»
7e	»	»	45	»	»	3	»
9e	»	»	60	»	»	4	»
12e	»	»	75	»	»	4	»
14e	»	»	105	»	»	4	»
16e	»	»	135	»	»	4	»
19e	»	»	135	»	»	4	»

Le sang est prélevé le 12e jour après la dernière injection. Le sérum ainsi préparé entraîne la floculation spécifique de la préparation de l'hyaluronidase qui a été utilisée comme antigène.

Le tableau I reproduit les floculations observées dans des mélanges de 0,5 ml de ce sérum avec des concentrations variables d'hyaluronidase. Les floculations sont déjà manifestes après un séjour de 1 h à l'étuve.

TABLEAU I.

Floculation de l'hyaluronidase par son sérum spécifique.

Hyaluronidase (Taureau).	Floculation après addition de 0,5 sérum normal.	Floculation après addition de 0,5 sérum antihyaluronidase.
9 unités	o	+ + +
3 »	o	+ + +
0,9 »	o	+
0,3 »	o	Opalescence
0,09 »	o	o
0,03 »	o	o

La même épreuve, pratiquée avec l'hyaluronidase d'origine bactérienne, conduit à un résultat négatif, ce qui met en évidence la spécificité du sérum.

2. *Inhibition, par le sérum, de la dépolymérisation de l'acide hyaluronique.* — Beaucoup plus intéressante que la recherche du pouvoir floculant, la mesure de la viscosité va montrer les propriétés particulières du sérum.

Puisque l'addition d'hyaluronidase à l'acide hyaluronique entraîne la

dépolymérisation de cet acide et, par conséquent, la chute de sa viscosité, il suffit d'ajouter du sérum à un mélange d'hyaluronidase et d'acide hyaluronique pour inhiber la dégradation de l'acide et, en même temps, la chute de la viscosité.

Avec une solution d'hyaluronidate de potassium (provenant du cordon ombilical)

Hyaluronidate de K...............	50 mg
Tampon pH 7.....................	10 cm³

on prépare les solutions suivantes, en mesurant leurs viscosités immédiatement après la préparation de chaque solution et après un séjour de 2 h à l'étuve à 37° :

Tableau II.

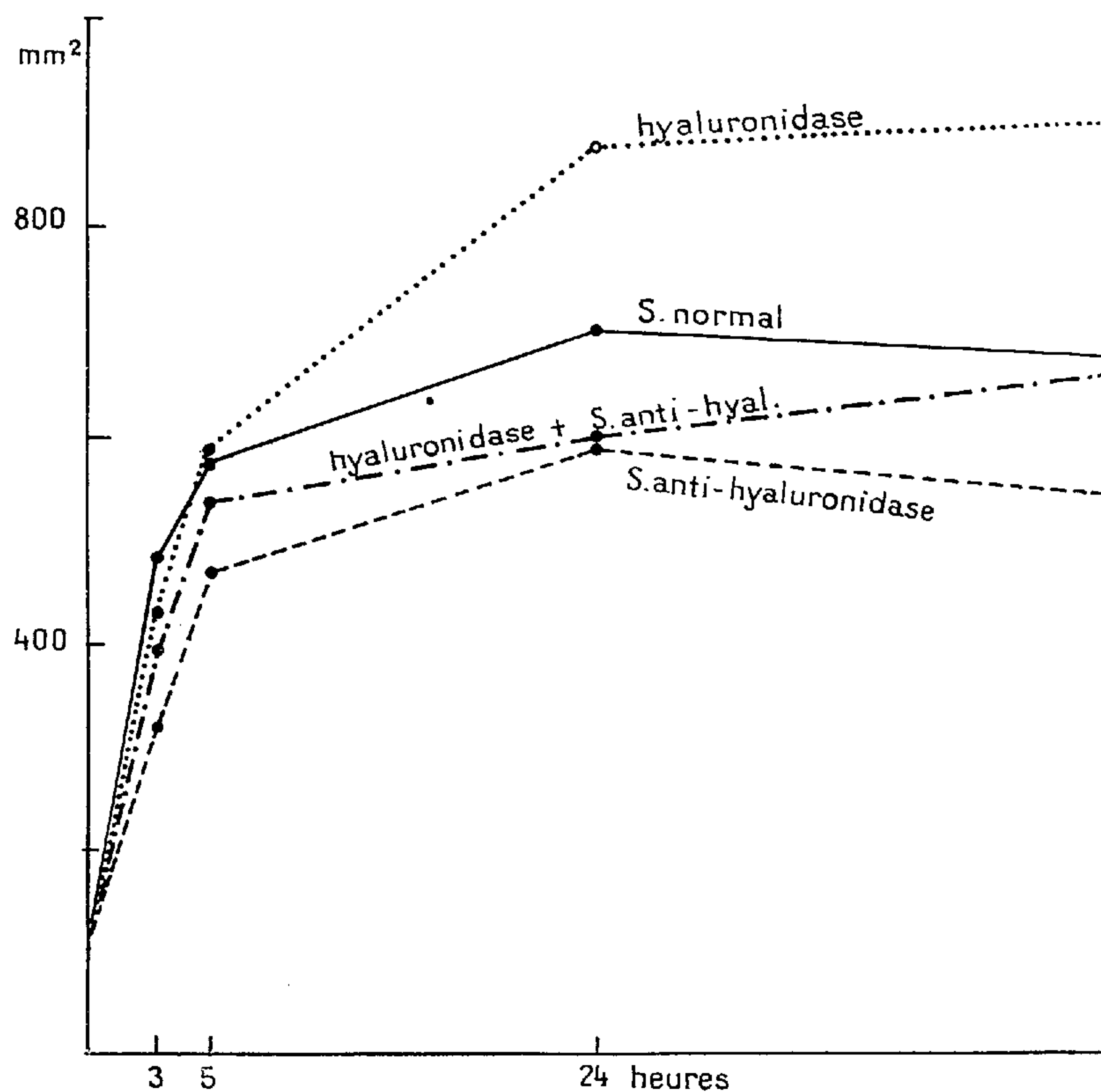
Inhibition de l'hyaluronidase par le sérum.

		Valeurs de la viscosité (poise) immédiatement après la préparation de la solution.	Valeurs de la viscosité (poise) après 2 h à 37°.	Variations de la viscosité (%).
Hyaluronidate de K......... NaCl à 7 ‰...............	1 ml 3 »	$2,54.10^{-2}$	$2,58.10^{-2}$	+ 1,6
Hyaluronidate de K......... Sérum antihyaluronidase.....	1 ml 3 »	2,79 »	2,83 »	+ 1,4
Hyaluronidate de K......... Hyaluronidase.............. NaCl à 7 ‰...............	1 ml 1,5 u. 3 ml	2,60 »	1,18 »	−54,6
Hyaluronidate de K......... Hyaluronidase.............. Sérum antihyaluronidase..... NaCl à 7 ‰...............	1 ml 1,5 u. 1 ml 2 »	2,58 »	2,64 »	+ 2,3

Ce bloquage de l'hyaluronidase, constatée ici *in vitro*, se manifeste encore quand le sérum agit *in vivo*. On constate alors une inhibition de l'hyaluronidase, inhibition qui se manifeste par une diminution de la perméabilité du tissu conjonctif.

3. *Action du sérum sur la perméabilité du derme.* — Rappelons que le tissu conjonctif — le derme par exemple — est constitué en dehors de ses cellules, par des fibrilles protéiniques, reliées par une substance fondamentale très visqueuse. Cette viscosité résulte de la présence de mucosaccharides, en particulier l'acide hyaluronique. Sous l'action de l'hyaluronidase, cet acide est dépolymérisé, ce qui entraîne, dans le tissu conjonctif, la même chute de viscosité que celle qui vient d'être constatée *in vitro*; mais elle entraîne ici des conséquences importantes, en augmentant la perméabilité et les échanges avec le liquide interstitiel.

Par exemple, on injecte, dans le derme du Rat, du bleu trypan en solution dans du sérum de Lapin normal. La diffusion du colorant est rapide pendant les premières heures de l'expérience (courbe), puis se stabilise en formant une tache bleue qui présente peu de chan-



gement dans les jours consécutifs. Si l'on ajoute de l'hyaluronidase, la diffusion augmente considérablement. Or, si l'on répète la même expérience en mélangeant l'hyaluronidase non plus avec du sérum normal mais avec le sérum antihyaluronidase, on constate que la diffusion est inférieure à celle que présente le témoin avec le sérum normal : c'est donc non seulement que le sérum-anti a bloqué l'action de l'hyaluronidase surajoutée, mais aussi que ce sérum a inhibé également la propre hyaluronidase qui était présente dans le derme de l'animal. C'est ce que confirme une dernière expérience, consistant à injecter une solution de bleu dans le sérum-anti : ce qui entraîne une diminution importante de la diffusion.

(*) Séance du 5 décembre 1956.

(1) Unité arbitraire équivalent à 2,5 U. R. V. (unité de réduction de viscosité).

(2) Préparée par M. Boquet, à l'Institut Pasteur de Garches.

CANCÉROLOGIE. — *Activité de la déshydrogénase l.β-hydroxybutyrique des mitochondries d'un hépatome ascitique et du foie normal de Rat.* Note de MM. **Anatole Andrejew** et **Albert Jean Rosenberg**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On sait que les mitochondries du foie normal de Rat oxydent le β-hydroxybutyrate en acétoacétate, qui s'accumule quantitativement ([1]), ([2]). Cette oxydation est couplée à l'estérification du phosphore ([3]).

Comme nous l'avons précédemment montré ([4]), contrairement aux mitochondries du foie normal de Rat, les mitochondries d'un hépatome expérimental de Rat, adapté à la croissance ascitique (hépatome ascitique), ainsi que les mitochondries de l'ascite d'Ehrlich, ne donnent lieu à aucune phosphorylation oxydative en présence de β-hydroxybutyrate.

Dans le présent travail nous recherchons les causes de la déficience de ce mécanisme.

Méthodes. — Les expériences consacrées aux phosphorylations oxydatives sont effectuées dans les conditions décrites précédemment ([5]).

Les mitochondries sont préparées d'après la technique de W. C. Schneider et G. H. Hogeboom ([6]), dans le saccharose 0,25 M, pH 7,4.

Les poudres acétoniques des mitochondries (préalablement lavées dans une solution de KCl 0,154 M), sont obtenues suivant la technique de Lehninger ([7]).

Les poudres acétoniques sont ensuite broyées, pendant 20 mn, en présence de CO_3HNa 0,02 M, dans des mortiers entourés de glace. Après une centrifugation à froid de 20 mn à 20 000 G on dialyse à froid le surnageant, pendant 6 h, contre CO_3HNa 0,02 M (renouvelé à plusieurs reprises), en présence d'un agitateur magnétique. L'extrait ainsi obtenu est centrifugé à froid, en cas de trouble, et conservé à — 15°.

L'activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique de cet extrait est mesurée au spectrophotomètre Unicam, à 340 mμ, à 20°, en atmosphère d'air. La composition des cuves est donnée au bas du tableau II.

Dans nos conditions d'expérience (extraits dialysés et non additionnés de coenzyme A, ni de adénosine triphosphate), nous ne mesurons que l'activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique.

Tous les animaux ayant servi à ces expériences ont reçu un régime alimentaire complet et de composition constante.

Résultats. — Comme le montre le tableau I, en présence du succinate, les phosphorylations oxydatives (P/O) des mitochondries de l'hépatome ascitique de Rat sont du même ordre que celles des mitochondries du foie normal de Rat ([4]).

TABLEAU I.

Phosphorylations oxydatives.

Mitochondries.	$-\Delta$ (μAt) O.	$-\Delta$ (μM) P.	(P/O).
1. Foie normal de Rat (azote : 502 μg; 22 mn à 30°) :			
Succinate (100 μM)	6,5	11,6	1,78
Glutamate (60 μM) + cytochrome *c* (0,1 μM)	5,0	13,5	2,7
dl.β-hydroxybutyrate (80 μM) + cytochrome *c* (0,1 μM)	1,7	4,1	2,4
2. Hépatome ascitique de Rat : (azote : 494 μg; 22 mn à 30°) :			
Succinate (100 μM)	5,7	9,7	1,7
Glutamate (60 μM) + cytochrome *c* (0,1 μM)	2,7	6,3	2,7
dl.β-hydroxybutyrate (80 μM) + cytochrome *c* (0,1 μM) + DPN (2 μM) + nicotinamide (8 μM)	0,8	0	–

En présence du glutamate le P/O est semblable dans les deux cas. Cependant, pour un même poids d'azote, les quantités de O_2 consommé et de P estérifié sont réduites de moitié dans le cas de l'hépatome ascitique, par rapport au foie normal. Comme nous l'avons signalé précédemment [4], l'addition de diphospho-pyridine nucléotide (DPN) (2 μM) et de nicotinamide (8 μM) n'augmente que légèrement ces valeurs.

Les P/O satisfaisants obtenus avec les mitochondries de l'hépatome ascitique en présence du succinate (sans addition de cytochrome *c*) et en présence du glutamate (sans addition de DPN), montrent que ces facteurs, même s'ils sont affaiblis, se trouvent en quantité suffisante dans les mitochondries de l'hépatome pour que les phosphorylations oxydatives puissent y avoir lieu.

Or, comme le montre le tableau I (exp. 2) aucune phosphorylation oxydative n'a lieu avec les mitochondries de l'hépatome ascitique en présence de β-hydroxybutyrate (même lorsqu'on ajoute du cytochrome *c*, du DPN et de la nicotinamide).

L'absence de cette activité ne dépendant pas des cofacteurs (cytochrome *c* et DPN) nous avons été amenés à préparer des extraits des poudres acétoniques des mitochondries du foie normal de Rat et des mitochondries de l'hépatome ascitique de Rat et à mesurer l'activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique dans les deux cas.

Le tableau II montre que, dans les mêmes conditions d'expérience, l'activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique est appréciable dans le cas des extraits des mitochondries du foie normal de Rat, tout en étant négligeable ou nulle dans le cas des extraits des mitochondries de l'hépatome ascitique de Rat. Des résultats analogues sont obtenus en présence de la nicotinamide (8 μM).

TABLEAU II.

Activité de la déshydrogénase l.β-hydroxybutyrique.

Composition des cuves : 0,3 ml de diphosphopyridinenucléotide (DPN) 0,01 M; 0,2-0,4 ml d'extrait des poudres acétoniques des mitochondries; 0,3 ml de cystéine 0,1 M (neutralisée avec KOH). On complète à 2,7 ml avec le tampon Tris 0,05 M, pH 8,9. Au temps 0, on ajoute 0,3 ml (120 μM) de *dl*.β-hydroxybutyrate de Na (BDH).

	Extrait des poudres acétoniques des mitochondries					
	du foie normal de Rat.				de l'hépatome ascitique de Rat.	
	Azote : 147 μg.		Azote : 294 μg.		Azote : 228 μg.	
Temps (mn).	$\log \frac{I_0}{I}$.	Δ.	$\log \frac{I_0}{I}$.	Δ.	$\log \frac{I_0}{I}$.	Δ.
0..........	0,183	–	0,268	–	0,235	–
20..........	0,231	0,048	0,373	0,105	0,240	0,005
40..........	0,283	0,052	0,472	0,099	0,242	0,002
60..........	0,337	0,054	0,580	0,108	0,252	0,010
60–0..........	0,154		0,312		0,017	

Conclusion. — L'activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique dans les mitochondries de l'hépatome ascitique de Rat est nettement affaiblie par rapport à celle des mitochondries du foie normal de Rat.

Ce fait est susceptible d'expliquer, dans le cas de l'hépatome ascitique, l'absence des phosphorylations oxydatives, que nous constatons avec le β-hydroxybutyrate comme substrat.

L'affaiblissement considérable de l'activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique pourrait également entraîner d'autres perturbations du métabolisme des lipides, dont nous poursuivons l'étude.

(1) A. L. LEHNINGER et S. W. SMITH, *J. Biol. Chem.*, **181**, 1949, p. 415.
(2) A. L. LEHNINGER, *J. Biol. Chem.*, **164**, 1946, p. 291.
(3) A. L. LEHNINGER, *J. Biol. Chem.*, **178**, 1949, p. 625.
(4) A. ANDREJEW, A. J. ROSENBERG et F. ZAJDELA, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).
(5) A. ANDREJEW et A. J. ROSENBERG, *C. R. Soc. Biol.*, **150**, 1956, p. 639.
(6) *J. Biol. Chem.*, **183**, 1950, p. 123.
(7) A. L. LEHNINGER et G. D. GREVILLE, dans *Cell Chemistry* (édité par D. Burk), Elsevier Publ. Co., 1953, p. 188 et *Biochim. Biophys. Acta*, **12**, 1953, p. 188.

HYGIÈNE DU TRAVAIL. — *Métabolisme de la silice et des silicates inhalés par l'animal, suivi à l'aide de* ^{31}Si. Note de MM. **René Michon**, **Pierre Süe** et **Jean Mérinis**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La silice reste dans les poumons et ne franchit pas les barrières pulmonaires. Les silicates de sodium et de calcium passent dans le sang et se répartissent dans l'organisme de la même manière que lorsqu'ils sont introduits dans le système veineux.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré que la silice après son introduction dans le sang restait fixée dans les poumons, le foie et la rate, tandis que les silicates passaient dans l'urine. Dès lors, il nous a paru intéressant de préciser le comportement dans l'organisme de ces composés lorsqu'ils sont inhalés.

Dans quelques essais suggérés au début de notre expérimentation par M. Derobert, nous avons injecté chez le Chien, par voie intratrachéale, de la poudre de silice mise en suspension dans du sérum physiologique.

Nos essais ont porté sur des lapins qui respiraient, par une canule de trachéotomie laissée à demeure, un aérosol d'un des composés du silicium. Après un intervalle de 30 à 90 mn, l'animal est sacrifié. Un certain nombre d'organes sont prélevés, un fragment de chacun d'eux est pesé, calciné, et les cendres mesurées au compteur. Les activités sont comparées à celle que donne — au même temps — une quantité connue du produit utilisé, afin de calculer la teneur de l'organe en silicium.

Dans le tableau suivant les quantités totales de Si, trouvées dans les poumons, le foie, les reins, l'estomac et l'urine, sont exprimées en microgrammes de SiO_2. Nous nous sommes limités à ces prélèvements, car nous avons précédemment observé (1) que dans les autres organes, les quantités de Si trouvées étaient très faibles.

	Silice.				Silicate de sodium.		Silicate de calcium.	
Technique.	Aérosol.	Aérosol.	Aérosol.	Aérosol.	Aérosol.	Solution.	Aérosol.	Aérosol.
Temps de séjours.	1 h	1,10 h	1,30 h	1,30 h	1 h	1/2 h	1 h	1,30 h
Poumons	41	254	53	4,2	1,6	droit : 170 gauche : 90	2	0,6
Foie	0	0	0	0	4,5	27	0,6	0,6
Reins	0	0	0	0	1,5	20	2,6	0,4
Estomac					0	200		
Urine	0	0	0	0	37	3	5,8	4,8

On constate que la silice est retenue immédiatement et uniquement dans les poumons d'où elle n'est pas éliminée.

Avec le silicate de sodium en aérosol, Si est retrouvé dans l'urine en quantité bien plus importante que dans les reins, les poumons et le foie. Il n'y en a pas dans l'estomac. Le silicium passe donc des alvéoles pulmonaires dans le sang et il est éliminé en majeure partie par les urines. Une injection intratrachéale de silicate de sodium en solution, montre que le silicium est retrouvé en forte proportion dans les poumons et la bouillie alimentaire gastrique. Le foie, les reins n'en contiennent que peu, les urines très peu.

Avec le silicate de calcium inhalé, le silicium passe assez rapidement dans l'urine. Dans les poumons, le foie et les reins, il en reste des quantités plus faibles.

La technique que nous venons de mettre au point permet d'expérimenter sur l'animal pendant près de 24 h tout en mettant en jeu des quantités de matière faibles.

Nous envisageons de poursuivre ce travail par une étude de la forme chimique d'élimination du produit utilisé.

Enfin, il est possible de faire une étude de la prévention de la silicose, l'efficacité de substances capables de favoriser l'élimination de SiO_2, pouvant être appréciée facilement grâce au ^{31}Si.

(1) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1809.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 15 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 5 novembre 1956.)

Note présentée le même jour, de M. *Dragoslav S. Mitrinovitch,* Nouvelles formules relatives aux polynomes de Legendre :

Page 1387, formule (1), *au lieu de* $\left(\frac{s+k-2}{s-1}\right)$, *lire* $\binom{s+k-2}{s-1}$.

(*Comptes rendus* du 19 novembre 1956.)

Note présentée le même jour, de MM. *Jacques Avias* et *René Coppens,* Sur l'existence probable d'un gisement uranifère dans la région de Neualm (Tauern de Schladming, Autriche) :

Page 1647, 3e ligne du titre, *au lieu de* Robert Coppens, *lire* René Coppens.

FIN DU TOME DEUX CENT QUARANTE TROISIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET-DÉCEMBRE 1956.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 243.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

Pages.

ABEILLES. — Voir *Apiculture*.

ABSORPTION. — Influence de l'état physique et de l'irradiation infrarouge sur l'absorption dipolaire hertzienne d'échantillons très purs de sélénium hexagonal; par MM. *Jean Meinnel, Marcel Eveno* et *Fernand Trigolet*........................ 1761

— Remarques sur l'absorption dans l'ultraviolet moyen et le visible de quelques hydroxyaniles des nitrobenzaldéhydes et des nitraniles des hydroxybenzaldéhydes; par M. *Panos Grammaticakis*........... 1887

— Remarques sur la préparation et l'absorption dans l'ultraviolet moyen de quelques 1-oxo-2-aryl-dihydro-(1.2)-phénotriazines; par M. *Panos Grammaticatis*........ 2094

— Observation, à basse température, de l'absorption dipolaire Debye du carbure de silicium : niveaux voisins de 0,01 à 0,03 eV; par Mme *Marie Freymann*, M. *Raoul Goffaux*, Mlle *Monique Hagène* et M. *Jean Le Bot*................ 2048

— Voir *Anthracène et dérivés, Physique macromoléculaire, Spectrographie infrarouge, Spectroscopie, Structure cristalline.*

ABSORPTION INFRAROUGE. — Voir *Spectrographie infrarouge, Spectroscopie moléculaire.*

ABSORPTION INTESTINALE. — Voir *Physiologie.*

ABSORPTION ULTRAVIOLETTE. — Voir *Spectroscopie.*

ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE. — Voir *Radioélectricité.*

ACÉTATE DE SODIUM. — Voir *Cinétique chimique.*

ACÉTOPHÉNONE. — Voir *Acides organiques.*

ACÉTYLATION. — Sur la condensation du glyoxal avec l'ester acétylacétique; par MM. *Henry Gault, Mohamed Selim* et Mme *Marguerite Selim Dorgans*........................ 1125

— Recherches sur l'acétylation du diacétone-alcool; par M. *Henry Gault* et Mme *Claudine Lumbroso*...... 1330

— *Errata*.......................... 1970

Pages.

ACIDE ACÉTIQUE. — Voir *Endocrinologie, Morphologie expérimentale.*
ACIDES-ALCOOLS. — Voir *Composés métalliques.*
ACIDE ALLANTOÏQUE. — Voir *Entomologie.*
ACIDES AMINÉS. — Voir *Algologie, Chimie biologique, Complexes (Chimie des), Nutrition.*
ACIDE ASCORBIQUE. — Chromatographie des 2.4-dinitrophénylhydrazones des produits d'oxydation et de dégradation de l'acide ascorbique; par MM. *Barthélemy Drevon, Claude Nofre* et *André Cier*...... 607
— Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés, Physiologie.*
ACIDE BORIQUE. — Voir *Microbiologie.*
ACIDE CITRIQUE. — Voir *Chimie biologique.*
ACIDE ÉTHYLÈNEDIAMINETÉTRAACÉTIQUE. — Voir *Biologie.*
ACIDE FOLIQUE. — Voir *Pharmacodynamie.*
ACIDE FORMIQUE. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés.*
ACIDES GRAS. — Voir *Chimie physiologique.*
ACIDE MALIQUE. — Voir *Chimie végétale.*
ACIDE MÉSOXALIQUE. — Voir *Chimie biologique.*
ACIDE MYRISTIQUE. — Voir *Pharmacologie.*
ACIDES NUCLÉIQUES. — Voir *Chimie biologique.*
ACIDES ORGANIQUES. — Les acides α-α-diphényl α'-alcoylpiméliques et les α.α-diphényl α'-alcoylcyclohexanones; par M. *François Salmon-Legagneur* et Mme *Cécile Neveu*... 162
— Sur la solubilité des sels alcalins de l'acide α-nitrile α.α-diphényl α'-éthylsuccinique; par M. *François Salmon-Legagneur*.............. 1325
— Les acides α.α-diphénylundécanepioïque et α.α-diphényldodécanedioïque; par M. *François Salmon-Legagneur* et Mme *Cécile Neveu*... 2088
— Synthèses et propriétés de l'acide δ-phényl α-cétovalérianique (phénoéthylpyruvique) et de son dérivé *p*-méthylé; par M. *George Habib Labib*........................ 660
— Cyclisation de l'acide benzamido-2 chloro-3 propionhydroxamique; par MM. *Roger Ratouis* et *Robert Behar*........................ 966
— Condensation de l'acide phénylpyruvique avec la benzylidène-acétophénone; par Mme *Marlyse Kristensen-Reh*..................... 1885
— Ionisation des acides méthyl-3 benzoïques parasubstitués; par MM. *Daniel Peltier* et *Michel Kerdavid*.. 2086
— Voir *Esters [Éthers], Germination, Réactions chimiques, Synthèses chimiques.*
ACIDE PANTOTHÉNIQUE. — Voir *Microbiologie.*
ACIDE PERIODIQUE. — Voir *Endocrinologie, Immunochimie.*
ACIDE PHÉNYL-ÉTHYLACÉTIQUE. — Voir *Pharmacodynamie.*
ACIDE RIBONUCLÉIQUE. — Voir *Botanique.*
ACIDE SULFAMIQUE. — Voir *Spectroscopie moléculaire.*
ACIDE TARTRIQUE. — Voir *Chimie végétale, Structure cristalline.*
ACIDE URIQUE. — Voir *Entomologie.*
ACIERS. — Sur l'hétérogénéité de l'austénite des aciers à 18 % de chrome et 2, 4 ou 6 % de nickel, après des traitements de précipitation des carbures; par MM. *Paul Bastien* et *Alain Sulmont*............... 1872
— Évolution au chauffage de la martensite d'origine thermique des aciers à 18 % de chrome, 2, 4 ou 6 % de nickel et 0,05 % de carbone; par MM. *Paul Bastien* et *Alain Sulmont*................. 2065
ACONIT. — Voir *Pharmacologie végétale.*
AÇORES. — Voir *Génétique.*
ACOUSTIQUE. — Sur la fréquence des ondes sonores émises par un jet d'air à grande vitesse; par Mlle *Marie Merle*.................. 490
— Étalonnage absolu de microphones aux fréquences audibles et infrasonores; par MM. *Vladimir Gavreau* et *Albert Calaora*.......... 1840
— Voir *Neurophysiologie.*
ACTINIUM. — Voir *Radioactivité.*
ADOXACÉES. — Voir *Embryogénie végétale.*
ADRÉNALINE. — Voir *Endocrinologie, Pharmacologie.*
ADSORPTION. — Voir *Montmorillonite.*
AÉRODYNAMIQUE. — Sur un nouveau procédé de déclenchement de la transition de la couche-limite; par MM. *Roger Michel* et *Maurice Sirieix*........................ 231
— Application du premier principe aux systèmes fluides limités par une surface de contrôle variable; par

Pages.
M. *Fernand Tessot*............. 560
— Sur la loi suivant laquelle une détente supersonique se propage vers l'amont le long d'une couche limite turbulente; par M. *Gérard Gontier*. 1395
— Sur les mouvements rectilignes non stationnaires d'un fluide compressible visqueux et conducteur; par M. *Henri Cabannes*............ 1482
— Voir *Aérothermodynamique, Dynamique des fluides, Mécanique des fluides*.
AÉRODYNAMIQUE DES TURBOMACHINES. — Sur le calcul des petites perturbations propagées à son apparition par le décollement tournant d'une roue axiale; par MM. *Jean Fabri* et *Raymond Siestrunck*.......... 1718
— Sur une représentation non linéarisée du champ aérodynamique induit par le décollement tournant dans une grille axiale; par MM. *Jean Fabri* et *Lucien Jarlan*.......... 1827
— Propriétés de similitude d'une roue axiale isolée en régime de décollement tournant; par MM. *André Jaumotte* et *Simon Goldstein*..... 2014
AÉROTHERMODYNAMIQUE. — M. *Maurice Roy* fait hommage de son Mémoire : « Aérothermodynamique fondamentale et notions d'aérothermochimie »................ 117
— Propriétés des écoulements unidimensionnels permanents d'un gaz quelconque dans une tuyère de section variable ou non avec échange de chaleur et dissipation d'énergie due à la viscosité; par M. *Marcel Wanner*....................... 1485
AFRIQUE DU NORD. — Voir *Entomologie*.
AGMATINE. — Voir *Chromatographie sur papier*.
AGROPYRUM. — Voir *Cytogénétique*.
ALBUMINE. — Voir *Immunologie*.
ALCALOÏDES. — Sur la vincamédine, alcaloïde cristallisé du *Vinca difformis* Pourr. (Apocynacées); par MM. *Maurice-Marie Janot, Jean Le Men* et *Youssef Hammouda*.. 85
— Alcaloïdes des Voacanga : structure de la voacamine, par MM. *Robert Goutarel, François Percheron* et *Maurice-Marie Janot*........... 1670
— Sur les alcaloïdes cristallisés du *Lochnera* (Vinca) *rosea* (L.) Reichb. ou *Catharanthus roseus* G. Don; par MM. *Maurice-Marie Janot* et *Jean Le Men*................. 1789
— Voir *Biologie, Pharmacologie*.

Pages.
ALCANOATES. — Voir *Chimie minérale*.
ALCOOLS. — Sur la déshydratation des alcools α-acétyléniques; par M. *Jean-Paul Pélissier*............ 851
— Voir *Acétylation, Complexes moléculaires, Sucres*.
ALCOOL ÉTHYLIQUE. — Voir *Nutrition*.
ALDÉHYDES. — Réduction par l'amalgame de sodium de l'aldéhyde crotonique : méthyl-3 heptane diol-1.4; par M. *Robert Nahum*....... 849
— Hydrogénation duplicative de quelques aldéhydes α-acétyléniques; par MM. *Léon Piaux* et *Marc Durand*........................ 1774
— Voir *Absorption, Cétones, Réactions chimiques, Thiophène et dérivés, Toxicologie*.
ALGÈBRE. — Conditions graphiques pour que l'argument de chacune des racines d'une équation algébrique soit compris entre $(\pi/2)+\mu$ et $(3\pi/2)-\mu$; par M. *Dusan Mitroviè*............. 831
— Théorie multiplicative des idéaux; par M. *Jean Guérindon*.......... 936
— Sur la théorie générale des produits réguliers; par M. *Mihail Benado*.. 1092
— Sur la localisation des zéros des polynomes; par M. *Maurice Parodi*... 1093
— Un exemple concernant les groupes de divisibilité; par M. *Paul Jaffard*.......................... 1264
— Sur la théorie algébrique de la croissance; par M. *Paul Jaffard*...... 1383
— Sur deux représentations des demi-groupes finis; par M. *Marcel-Paul Schützenberger*.................. 1385
— Sur la décomposition en idéaux primaires dans un anneau non nécessairement commutatif; par MM. *Léonce Lesieur* et *Robert Croisot*.. 1988
ALGER. — Voir *Séismologie, Tectonique*.
ALGOLOGIE. — Sur la parthénogénèse du *Codium fragile* (Sur.) Hariot dans la Méditerranée; par M. *Jean Feldmann*....................... 305
— Une Néoméridacée fructosanifère : *Cymopolia barbata* L. Harv.; par Mlle *Marie-Louise du Mérac*..... 714
— Sur le chimisme glucidique des Némalionales; par M. *Jean Augier* et Mlle *Marie-Louise du Mérac*..... 1785
— A propos de l'action du tryptophane sur l'*Acetabularia mediterranea* Lamour; par Mlle *Simone Dao*...... 1552
— Sur quelques cas de développement apogamique chez deux espèces de *Codium* de la région du Sud-Ouest;

Pages.

par MM. *Pierre Dangeard* et *Henri Parriaud*...................... 1981
— Voir *Biophysique*.
ALIMENTATION. — Voir *Chimie physiologique, Microbiologie*.
ALLIAGES. — Diffusion anormale des rayons X au cours de la précipitation dans un alliage à base de nickel contenant 7 % de silicium; par M. *Jack Manenc*............. 1119
— Diagramme de solidification des alliages sodium-gallium; par MM. *Pierre Feschotte* et *Émile Rinck*... 1525
— Granulométrie du cobalt dans un alliage Cu-Co; par M. *Louis Weil* et Mlle *Lucie Gruner*............ 1629
— Étude par diffraction électronique de la formation des alliages aluminium-antimoine en couches minces; par M. *Pierre Michel*..... 2063
— Voir *Électricité, Électrométallurgie, Ferromagnétisme, Magnétisme, Métallographie*.
ALLIUM CEPA. — Voir *Caryologie végétale*.
ALPES. — Voir *Géologie, Pétrographie*.
ALUMINATE DE SODIUM. — Voir *Nickel de Raney*.
ALUMINE. — Voir *Métallographie, Terres rares*.
ALUMINIUM. — Action du chlorure et du bromure d'aluminium sur les pentoxydes de niobium et de tantale; par M. *Marcel Chaigneau*........ 957
— Voir *Alliages, Électricité, Électrométallurgie, Métallographie, Semi-Conducteurs*.
AMANITEPHALLOÏDE. — Voir *Pathologie expérimentale*.
AMIDES. — Voir *Cétones, Chimie macromoléculaire*.
AMINES. — La basicité des amines aliphatiques ω-bromées. Une exception à la règle empirique de Mac Innes; par Mme *Gisèle Girault* et M. *Paul Rumpf*................ 663
— Voir *Chimie organique, Chimie théorique, Composés organiques, Histophysiologie, Magnétooptique, Nutrition, Pharmacologie, Réactions chimiques*.
AMINOACIDES. — Voir *Physiologie végétale*.
AMMONIAC. — Voir *Chimie minérale, Chimie physique, Spectroscopie*.
AMMONIUM. — Voir *Diélectriques, Physique des surfaces, Spectroscopie*.
AMPHIBIENS. — Voir *Biologie expérimentale*.

Pages.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — Sur un théorème de M. J. Hadamard; par M. *Niron Micolesco*............. 13
— Sur quelques membranes vibrantes de forme particulière; par M. *Georges Pólya*.................. 469
— Sur quelques relations de récurrence entre certains polynomes d'Appell et Kampé de Fériet; par M. *Gilbert Munschy*...................... 767
— Détermination effective de toutes les moyennes de Cesàro d'ordre entier pour des séries de polynomes orthogonaux comprenant ceux de Laguerre et de Hermite; par M. *Robert Campbell*............... 882
— Sur certains procédés de sommation simples relatifs à des séries de polynomes orthogonaux et à des séries de Neumann; par M. *Robert Campbell*...................... 1007
— Équations de Mathieu et équations intégrales de Volterra; par M. *Maurice Parodi*................ 1006
— Sur une propriété de certaines équations différentielles d'Euler. Application à la formation de combinaisons linéaires de n fonctions $f_i(t)$ qui admettent pour transformée de Laplace une combinaison linéaire des n fonctions $f_i(s)$; par M. *Maurice Parodi*................... 1991
— Nouvelles formules relatives aux polynomes de Legendre; par M. *Dragoslav S. Mitrinovitch*........ 1387
— *Erratum*.......................... 2196
— Généralisation d'un théorème de Phragmen; par M. *Serge Vasilach*. 1468
— Sur les solutions de l'équation de Laplace dans le cas d'une symétrie cylindrique; par M. *Serge Colombo*. 1471
— Équation de Hill non linéaire et méthode stroboscopique de N. Minorsky; par M. *Augustin Blaquière*......................... 1711
— Voir *Ensemble (Théorie des), Équations aux dérivées partielles, Équations fonctionnelles linéaires, Fonctions (Théorie des), Homotopie, Logique mathématique, Théorie du potentiel*.
ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE. — Photomètre simple dans l'ultraviolet appliqué à l'analyse physique et chimique; par M. *Alain Berton*... 949
ANALYSE THERMOMAGNÉTIQUE. — Voir *Chimie physique*.
ANALYSE TOPOLOGIQUE. — Voir *Mécanique non linéaire*.

Pages.
ANALYSE VÉGÉTALE. — Voir *Chimie végétale*.
ANAPHYLAXIE. — Voir *Immunologie*.
ANATOMIE. — L'hominisation du crâne est-elle terminée ? par MM. *Antoine Delattre* et *Raphaël Fenart*.. 429
— Formule générale de la courbe endocranienne sagittale des Mammifères; par M. *Raphaël Fenart*..... 1149
ANATOMIE COMPARÉE. — Les diverticules œsophagiens d'un Rongeur, le Hamster (*Mesocricetus auratus* Waterh.); par Mlle *Madeleine Friant*........................ 1555
ANATOXINE. — Voir *Microbiologie*.
ANDROGÈNES. — Voir *Endocrinologie*.
ANDROMÈDE. — Voir *Astronomie*.
ANESTHÉSIE. — Voir *Entomologie biologique, Pharmacologie*.
ANGIOSPERMES. — Voir *Morphologie expérimentale*.
ANGOULÊME. — Voir *Tectonique*.
ANGUILLE. — Voir *Sérologie*.
ANHYDRIDE CARBONIQUE. — Voir *Chimie biologique, Chimie industrielle*.
ANOPHÈLES. — Voir *Entomologie*.
ANTÉCAMBRIEN. — Voir *Géologie*.
ANTHRACÈNE ET DÉRIVÉS. — Photopolymérisation d'un nouveau dérivé anthracénique méso-disubstitué; par MM. *Raymond Calas* et *Robert Lalande*...................... 502
— Recherches spectrographiques dans le groupe de l'anthracène. Absorption des acyl-1 anthracènes et de leurs dérivés azotés; par M. *Modeste Martynoff*................ 2097
ANTHROPOLOGIE. — Variations relatives des angles et des dimensions linéaires du massif facial supérieur chez l'Homme actuel; application à l'étude du prognathisme; par Mme *Jeanne Leschi*............. 431
— Voir *Anatomie*.
ANTIBIOTIQUES. — Contribution à l'étude de l'action des antibiotiques sur l'immunité. Action du chloramphénicol sur la production d'anticorps vis-à-vis de germes tués; par MM. *Aldo Farhi* et *André Lamensans*................ 613
— Id. Action du chloramphénicol sur les antigènes de *Salmonella typhi*; par MM. *Aldo Farhi, Léon Le Minor* et *André Lamensans*........ 684
— Id. Facteurs influençant l'action du chloramphénicol sur les antigènes des Salmonelles; par MM. *Aldo Farhi* et *André Lamensans*....... 1572
— Premières études sur la structure chimique d'un nouvel antibiotique, la congocidine; par M. *Marc Julia* et Mlle *Nicole Joseph*...... 961
— Voir *Microbiologie*.
ANTICORPS. — Voir *Immunologie*.
ANTIGÈNES. — Voir *Antibiotiques, Immunologie*.
ANTILLES. — Voir *Tectonique*.
ANTIMOINE. — Voir *Alliages, Semi-conducteurs*.
APICULTURE. — La reine d'*Apis mellifica* et les constructions cirières; par M. *Roger Darchen*.............. 439
— Sur un principe de la gelée royale d'abeilles, actif sur la glycémie des Mammifères; par M. *Rémy Chauvin*........................... 1920
APLYSIA. — Voir *Neurophysiologie*.
APOCYNACÉES. — Voir *Alcaloïdes, Chimie végétale, Pharmacologie végétale*.
APPAREILS SCIENTIFIQUES. — Voir *Astrophysique, Électronique, Océanographie physique, Thermodynamique*.
APPROXIMATION. — Voir *Analyse mathématique*.
ARANÉIDES. — Étude du venin de l'araignée *Loxosceles læta* (Nic); par M. *Jehan Vellard*.............. 433
— Action *in vitro* du venin de l'araignée sud-américaine *Loxosceles læta*; par M. *Jehan Vellard*....... 825
— Localisation d'un organe olfactif non encore décrit chez les Aranéides; par M. *Roland Legendre*......... 1237
ARCACHON. — Voir *Algologie, Biologie marine*.
ARGENTERA MERCANTOUR. — Voir *Géologie*.
ARGILE. — Voir *Sédimentologie*.
ARITHMÉTIQUE. — Sur le premier cas du théorème de Fermat pour les exposants pairs; par M. *Georges Oeconomou*....................... 1588
ARSÉNIATES TRISODIQUES. — Sur les arséniates de sodium et sur la nature des pseudo-phosphates, arséniates et vanadates trisodiques; par M. *Henri Guérin*........... 156
ARSENIC. — Voir *Optique*.
ARTEMIA SALINA. — Voir *Biologie*.
ARTICHAUT. — Voir *Pathologie végétale*.
ASPERGILLUS FLAVUS. — Voir *Économie rurale*.
ASPERGILLUS NIGER. — Voir *Chimie biologique*.

Pages.
ASQUES. — Voir *Lichénologie, Mycologie.*
ASTROCHIMIE. — Sur la nature des nuages de Vénus; par M. *Alexandre Dauvillier* 1257
ASTRONOMIE. — Photographie à cadence rapide de la photosphère et des taches solaires; par M. *Jean Rösch* 478
— Sur la gémination des images télescopiques; par M. *Jean Rösch* 2020
— M. *Alexandre Dauvillier* adresse son Ouvrage : « L'origine des Planètes » 1090
— M. *Bertil Lindblad* adresse un Mémoire : « On a barred spiral structure in the Andromeda nebula » ... 1090
— M. *Harlow Shapley* adresse des tirages à part de ses travaux d'astronomie. 1181
— M. *Pol Swings* fait de même 1817
— Voir *Éclipses, Histoire des Sciences, Radioastronomie.*
ASTRONOMIE STELLAIRE. — Voir *Étoiles nébuleuses.*
ASTROPHYSIQUE. — Variations rapides dans le temps de la Couronne monochromatique verte; par MM. *Marcel Gentili di Giuseppe* et *Michel Trellis* 1724
— Photomètre à franges pour mesurer les différentes régions d'un objet observé dans une lunette; par M. *Audouin Dollfus* 1833
— Photomètre à double image pour comparer les taches de la surface d'une planète; par M. *Audouin Dollfus* 2023
— Voir *Étoiles, Nébuleuses.*
ATMOSPHÈRE. — Voir *Climatologie, Géophysique, Météorologie, Physique de l'Atmosphère.*
ATROPINE. — Voir *Pharmacologie.*
AUDITION. — Voir *Acoustique, Physiologie.*
AURORE. — Voir *Physique du Globe.*
AUSTÉNITE. — Voir *Aciers.*
AUTOOSCILLATEURS. — Voir *Spectroscopie hertzienne.*
AUTORADIOGRAPHIE. — Voir *Métallographie.*
AUTRICHE. — Voir *Uranium.*
AUTUNIEN. — Voir *Sédimentologie.*
AUXINES. — Voir *Physiologie végétale.*
AZOTE. — Voir *Thermodynamique.*

B

BACTÉRIOLOGIE. — Lysotypes ubiquitaires, exotiques et rares du bacille typhique; par MM. *Pierre Nicolle, Jean-François Vieu* et Mlle *Gisèle Diverneau* 454
— Uniformité et diversité biochimiques des lysotypes du bacille typhique; par MM. *Pierre Nicolle, Jean-François Vieu* et Mmes *Radmilla Skalova* et *Jacqueline Brault* 994
— Dosage d'une glucido-protéine synthétisée dans les cultures de bactéries protéolytiques des ensilages; par M. *Benoît Wurtz* et Mme *Denise Cagniant* 752
— Voir *Économie rurale, Génétique, Microbiologie, Radiobiologie.*
BACTÉRIOPHAGES. — Voir *Radiobiologie.*
BARYUM. — Voir *Physique des surfaces.*
BASSES TEMPÉRATURES. — Voir *Photoélectricité.*
BATRACIENS. — Voir *Biologie expérimentale.*
BENZÈNE. — Voir *Chimie théorique.*
BENZÈNETHIOL. — Voir *Complexes moléculaires.*
BÉTAÏNE. — Voir *Chimie biologique.*
BETTERAVE. — Voir *Chimie biologique, Physiologie végétale.*
BIÈRE. — Voir *Chimie biologique.*
BIOCHIMIE. — Isolement de trois nouveaux stéroïdes réducteurs dans les urines de femmes enceintes; par MM. *Étienne-Émile Beaulieu* et *Max-Fernand Jayle* 1247
— La réduction du sulfate en sulfite par la feuille détachée de tabac; par MM. *Pierre Fromageot* et M. *Hernan Perez-Milan* 1061
BIOLOGIE. — L'œuf durable d'*Artemia salina* L. : conditions de vie et composition chimique; par Mlle *Janine Dutrieu* 98
— Croissance dysharmonique de la crête du Coq domestique maintenu à l'obscurité; par M. *Pierre Leroy* .. 210
— Répercussions de la réserpine sur la

Pages.

gestation chez la Ratte; par M. *Herbert-Duplessis* et Mme *Lucette Mercier-Parot*.................. 410
— Influence d'un corps de chélation, l'acide éthylènediaminetétraacétique sur la gestation et le développement fœtal du Rat; par M. *Herbert Tuchmann-Duplessis* et Mme *Lucette Mercier-Parot*.......... 1064
— Influence de l'alimentation et de l'effet de groupe sur la pigmentation des chenilles de *Plusia gamma* L.; par M. *René Cayrol*.......... 601
— Comportement du Caméléon (*Chamæleon vulgaris* Daudin) dans les rayons invisibles; par M. *Maurice Dériféré*...................... 974
— Existence de spermatophores chez les Symphyles; par Mme *Lisianne Juberthie-Jupeau*............... 1164
— Mise en évidence, chez les Phasmides, d'une troisième paire de *Nervi corporis cardiaci*, voie possible de cheminement de la substance chromactive tritocérébrale vers les *corpora cardiaca*; par Mme *Marie Dupont-Raabe*.......... 1240
— Rôle des différents éléments du système nerveux central dans la variation chromatique des Phasmides; par Mme *Marie Dupont-Raabe*......................... 1358
— La structure du canal hermaphrodite de *Limnæa stagnalis* et les possibilités de régénération germinale chez les Gastéropodes pulmonés; par M. *Louis Bounoure* et Mlle *Régine Aubry*.................... 1453
— La stomatogénèse pendant l'autogamie, la conjugaison et la division chez *Paramecium aurelia*; par Mlle *Madeleine Roque*.......... 1564
— Voir *Apiculture, Aranéides, Cardiologie, Fourmis, Morphologie expérimentale, Neurologie, Ornithologie, Parasitologie, Radiobiologie, Tératologie, Toxicologie, Zoologie.*

Biologie des insectes. — Voir *Entomologie biologique.*

Biologie expérimentale. — Action de la dicarnitine et de la carnitine synthétiques sur la croissance du tibia cartilagineux d'embryon de poulet, cultivé en milieux synthétiques; par Mme *Madeleine Kieny.* 320
— Comparaison des valeurs nutritives de l'extrait embryonnaire et de liquides organiques adultes dans la culture *in vitro* de tibias cartilagineux d'embryon de Poulet; par M. *Étienne Wolff* et Mme *Madeleine Kieny*.................... 2152
— Sur la culture *in vitro* de foie larvaire d'Amphibien : apparition du glycogène en milieu synthétique; par M. *André Beaumont*............ 676
— Sur un procédé chimique de restauration du pouvoir de régénération chez un Batracien anoure, *Alytes obstetricans*; par M. *Maurice Lecamp*........................... 1246
— Sur un nouveau type d'intersexualité chez l'Oniscoïde *Porcellio dilatatus*, révélé par l'élevage au laboratoire; par M. *Jean-Jacques Legrand*........................ 1363
— Détermination polyfactorielle du sexe et double déterminisme des caractères sexuels mâles chez les Oniscoïdes; par M. *Jean-Jacques Legrand*........................ 1565
— Amélioration de l'extrait d'embryon de Poulet par des solutions synthétiques dans la culture *in vitro* de la syrinx d'Oiseau; par Mme *Émilienne Wolff*................ 2154
— Voir *Crustacés.*

Biologie générale. — Recherches cytologiques sur la formation du pigment mélanique chez certains poissons; par M. *Jean Politis*..... 1559

Biologie marine. — Répartition de deux tardigrades *Batillipes mirus* Richters et *Stygarctus bradipus* Schulz dans un segment de plage du bassin d'Arcachon; par Mme *Janne Renaud-Debyser*........... 1365
— Détermination de la production de matière organique en Méditerranée à l'aide du ^{14}C; par MM. *Jean Brouardel* et *Émile Rinck*........ 1797
— Sur la réinstallation d'un « Trottoir à Tenarea », en Méditerranée occidentale; par M. *Pierre Huvé*...... 2157
— Corrélation entre le rythme des marées et la mue d'une population de Chthamales; par Mme *Jacqueline Bocquet*........................ 2159

Biologie végétale. — Action du *l*-sorbose sur la croissance de *Coprinus fimetarius* (Fr.); par M. *Georges Prévost* et Mme *Madeleine Gans*... 404
— Sur la présence exceptionnelle de rhizoïdes bifurqués sur des prothalles de *Blechnum gibbum* Mett., au premier stade de leur développement; par Mme *Lily Rohlfs*....... 1787
— Voir *Germination.*

Pages.
BIOPHYSIQUE. — Sur l'énergie d'activation de la dénaturation par la chaleur de l'isohémagglutinine $\delta(A_1O)$; par M. *Shou-Sin Sung* 100
— Dispositif ampérométrique de mesure de la photosynthèse; par M. *Pierre Joliot* 677
BIOTINE. — Voir *Œnologie.*
BIOXYDE D'AZOTE. — Voir *Chimie industrielle.*
BISMUTH. — Voir *Minéralogie, Rayons γ.*
BLATTE. — Voir *Psychophysiologie.*
BLÉS. — Voir *Génétique, Nutrition.*
BOCAGE NORMAND. — Voir *Granite.*
BŒUF. — Voir *Chimie biologique, Cytochimie, Endocrinologie.*
BORE. — Voir *Microbiologie.*
BOTANIQUE. — M. *Henri Humbert* fait hommage d'un tome des *Notulæ systematicæ* 11
— M. *Abilio Fernandes* adresse des tirages à part de ses travaux de botanique 221, 1262
— M. *Pierre Martens* fait de même 221
— Étude de la couche protectrice sur les souches des deux *Rumex*; par Mlle *Yvonne Jacquety* 1437
— Sur le comportement saisonnier du Kololo [*Gilletiodendron glandulosum* (Port.) J. Léonard-Césalpiniacées]; par M. *Paul Jaeger* 1668
— Sur une forme diploïde remarquable de *Centaurea Jacea* L.; par M. *Marcel Guinochet* 1783
— Sur l'existence d'une forme systématique normalement trisomique chez *Centaurea paniculata* L.; par M. *Marcel Guinochet* 2130
— L'acide ribonucléique dans l'oosphère et le proembryon du *Pinus Laricio var. austriaca*; par M. *Henri Camefort* 2134
— Essai de greffage de *Solanum sisymbrifolium* Lamk. *sur Datura Stramonium* L.; par Mlle *Mathilde Pichenot* 2137
— Voir *Biologie végétale, Cartographie, Caryologie végétale, Morphologie expérimentale, Paléobotanique, Palynologie, Phyllotaxie.*
BRADYCARDIE. — Voir *Pharmacologie.*
BRADYPNÉE. — Voir *Pharmacologie.*
BRETAGNE. — Voir *Océanographie physique.*
BROME. — Voir *Amines.*
BRYOPHITES. — Voir *Physiologie végétale.*
BRYOZOAIRES. — Voir *Faune de France.*
BUTÈNE. — Voir *Chimie organique.*

C

CÆSIUM. — Voir *Chimie minérale, Pharmacologie, Physique nucléaire, Spectroscopie hertzienne.*
CALAMINE. — Voir *Minéralogie.*
CALCIO-THERMIE. — Voir *Terres rares.*
CALCIUM. — Voir *Électrométallurgie, Minéralogie, Photoconductibilité, Pomatologie.*
CALCUL NUMÉRIQUE. — Sur la méthode de Graeffe; par M. *Constantin Orloff* 1269
— Une équation aux différences pour le calcul approché des fréquences propres d'une membrane (méthode récurrente); par M. *Joseph Hersch* 1475
— L'intégration approchée des équations différentielles; par M. *Francis Ceschino* 1478
— Évaluation de l'erreur sur un pas dans la méthode de Runge-Kutta; par M. *Henri Morel* 1999
— Voir *Thermocinétique.*
CALCULS RÉNAUX. — Voir *Chimie biologique*
CALVADOS. — Voir *Paléontologie.*
CAMARGUE. — Voir *Mycologie.*
CAMBIUM. — Voir *Chondriome.*
CAMBRIEN. — Voir *Granite.*
CAMÉLÉON. — Voir *Biologie.*
CANARD. — Voir *Embryologie expérimentale.*
CANAUX DE MÜLLER. — Voir *Embryologie expérimentale.*
CANCÉROLOGIE. — Recherches sur la structure électronique des composés actifs en chimiothérapide du cancer; par Mme *Alberte Pullman*, MM. *Bernard Pullman* et *Gaston Berthier* 380
— Activité de la déshydrogénase *l*-β-hydroxybutyrique des mitochondries

Pages.

d'un hépatome ascitique et du foie normal de Rat; par MM. *Anatole Andrejew* et *Albert Jean Rosenberg*.......................... 2191
— Voir *Pathologie végétale.*
CARBAMATES. — Voir *Chimie minérale.*
CARBONATE DE CALCIUM. — Voir *Minéralogie.*
CARBONE. — Voir *Aciers, Chimie biologique.*
CARBURES. — Voir *Aciers.*
CARBURES ALLÉNIQUES. — Voir *Physique moléculaire.*
CARBURES AROMATIQUES. — Voir *Chimie organique.*
CARBURES CYCLIQUES. — Une nouvelle dégradation de l'échinuline; par M. *Serge David* et Mme *Jacqueline Monnier*...................... 597
— Voir *Réactions chimiques.*
CARBURES D'HYDROGÈNE ET DÉRIVÉS. — Substitution d'hydrocarbures aromatiques au moyen du radical peroxyde ascorbique; par M. *Pierre Douzou*....................... 46
— Addition d'acide hippurique à la double liaison en 1.2 des dihydroisoquinoléines; par M. *Jean Gardent*.......................... 63
— Action du formol et de l'acide formique sur la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine; par M. *Jean Gardent*...................... 1042
— La méthode de séparation par diffusion thermique dans les hydrocarbures liquides; par M. *Robert Darmois*...................... 263
— Les énergies de polarisation et les potentiels de réduction polarographique des hydrocarbures aromatiques polynucléaires; par Mme *Alberte Pullman* et M. *Bernard Pullman*.......................... 1632
— Voir *Chimie organique, Chimie physique, Physicochimie des solutions.*
CARDIOLOGIE. — L'action des solutions hyposodiques sur les potentiels cellulaires de tissu cardiaque de Mammifères; par MM. *Édouard Coraboeuf* et *Masanori Otsuka*.... 441
— Enregistrement parallèle de l'électrocardiogramme externe et de l'activité électrique d'une fibre myocardique unique chez trois Mammifères; par MM. *Édouard Coraboeuf, Charles Kayser* et *Yves-Michel Gargouïl*............... 1444
— La repolarisation du myocarde au cours de l'hypothermie chez trois espèces de Mammifères : Cobaye, Spermophile (*Citellus citellus*) et Rat blanc; par MM. *Édouard Coraboeuf, Charles Kayser* et *Yves-Michel Gargouïl*............... 1673
— Une technique d'étude du fonctionnement des centres cardiomoteurs; par MM. *Robert Lemaire* et *Michel Boura*.................. 518
— Voir *Hématologie, Neurologie, Pharmacologie, Physiologie.*
CARIES. — Voir *Mycologie.*
CAROTINE. — Voir *Physiologie végétale.*
CAROTTE. — Voir *Physiologie végétale.*
CARTOGRAPHIE. — M. *Paul Fallot* présente de la part de M. *Georges Choubert* et du *Service Géologique du Maroc,* la carte géologique au 1/200 000e de la terminaison occidentale de l'Anti-Atlas......... 343
— M. *Henri Besairie* adresse la carte géologique de Madagascar en treize feuilles, à l'échelle du 1/500 000e mise à jour par lui en 1956...... 935
— Id. La carte géologique de Madagascar et la Carte minière et des indices de Madagascar.......... 1817
— M. *Henri Gaussen* présente la carte de la végétation du Maroc, feuille « Rabat-Casablanca »; par *A. Théron* et *J. Vindt*................ 1383
CARYOLOGIE VÉGÉTALE. — La structure du noyau d'*Allium Cepa.* Ses modifications en rapport avec la physiologie cellulaire; par MM. *Maurice Hocquette* et *Jean-Paul Brunel.* 2132
— Voir *Botanique.*
CATALASE. — Voir *Chimie biologique, Complexes (Chimie des).*
CATALYSE. — Oxydation du méthane en phase homogène, par l'air ou l'oxygène « activé » sur platine incandescent; par MM. *Charles Eyraud, Barthélemy Domanski* et *Paul Bussière*.................. 905
— Sur l'évaporation du platine au cours de la combustion du méthane (utilisation de ^{197}Pt); par MM. *Paul Bussière, Barthélemy Domanski, Charles Eyraud* et *Marcel Prettre*......................... 1870
— Utilisation de la méthode de conjonction des réactions pour la comparaison des constantes cinétiques en catalyse hétérogène; par MM. *Jean-Pierre Wauquier* et *Joseph-Charles Jungers*........... 1766
— Sur un cas manifeste de cocatalyse; par MM. *Pierre Leprince* et *Joseph-*

Pages.

Charles Jungers 2071

CATIONS. — Voir *Montmorillonite.*

CELLULOSE. — Structure moléculaire de la cellulose II; par M[lle] *Thérèse Petitpas* et M. *Jacques Mering.* 47

— Voir *Physicochimie macromoléculaire.*

CENTAURÉE. — Voir *Botanique.*

CÉPHALOPODES. — Voir *Pathologie expérimentale.*

CÉRIUM. — Voir *Systèmes chimiques, Terres rares.*

CERVEAU. — Voir *Cytochimie.*

CÉTONES. — Préparation d'amides et de nitriles β-alcools diarylés : déshydratation en dérivés α-éthyléniques correspondants; par MM. *Wladyslaw Chodkiewicz* et *Paul Cadiot* 280

— Méthode de préparation de cétones diéthyléniques : diaryl-1.1 diphényl-5.5 pentadiène-1.4 one-3; par MM. *Wladyslaw Chodkiewicz* et *Paul Cadiot* 1890

— Id. : tétra-aryl-1.1.5.5 pentadiène-1.4 ones-3; par MM. *Wladyslaw Chodkiewicz* et *Paul Cadiot* 2092

— Réaction d'addition de Michael entre aldéhydes α-éthyléniques et cétones saturées; par MM. *Jean Colonge, Jacques Dreux* et *Michel Thiers* 1425

— Sur de nouvelles ionones; par M. *Michel Sy* 1772

— Sur une nouvelle transposition propargylique : préparation des cétones alléniques; par M[me] *Françoise Bardone-Gaudemar* 1895

— Voir *Acétylation, Chimie organique, Cyclohexane et dérivés, Esters [Éthers], Réactions chimiques, Spectroscopie, Thiophène et dérivés.*

CÉVENNES. — Voir *Minéralogie.*

CHALEUR. — Nouvelle méthode de mesure du facteur total d'émission et du coefficient d'accommodation d'une surface; par M. *Marcel Devienne* 27

— Voir *Thermocinétique.*

CHARBONS. — Voir *Mycologie, Résonance paramagnétique.*

CHARDONNERET. — Voir *Ornithologie.*

CHATÂIGNIER. — Voir *Phyllotaxie.*

CHENILLES. — Voir *Biologie.*

CHEVAL. — Voir *Immunologie.*

CHIMIE. — Voir *Histoire des Sciences, Métallographie.*

CHIMIE AGRICOLE. — Échanges isotopiques du potassium peu mobile des sols; par MM. *Claude Tendille, Jean Grenier de Ruere* et *Georges Barbier* 87

CHIMIE ANALYTIQUE. — Voir *Acides organiques, Sérologie.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — Métabolisme du carbone dans la chimioautotrophie. Cycle d'assimilation de l'anhydride carbonique; par MM. *Gérard Milhaud, Jean-Paul Aubert* et M[lle] *Jacqueline Millet* 102

— Incorporation du ^{32}P dans les acides nucléiques de l'homogénat et des mitochondries de l'épithélioma atypique du Rat; par MM. *Kunio Yagi, Serge Tonus* et M[lle] *Yvonne Khouvine* 106

— *Errata* 1576

— Métabolisme de la bétaïne dans le glomérule de Betterave; par M. *Alfred Simenauer* 213

— Étude de quelques calculs rénaux ou vésicaux par diverses méthodes spectrographiques; par M[lles] *Raymonde Lagrange* et *Thérèse Pobeguin* 449

— Nouvelles séquences peptidiques de la polymyxine B; par MM. *Michel Dautrevaux* et *Gérard Biserte* 923

— Séparation et identification de pyrophosphates dans le tissu osseux; par M. *Pierre Cartier* 982

— Réactions d'ioduration et de désioduration dans la série de la thyronine et des iodothyronines; par MM. *Jean Roche, Raymond Michel* et *Walter Wolf* 1067

— Composition d'un glycoprotéide isolé du lait de Femme; par MM. *Jean Montreuil* et *James Holleman* 1069

— Les troubles métalliques de la bière. Composition du trouble stanneux; par MM. *Georges Michel* et *Philippe Lebreton* 1071

— Sur la décarboxylation de l'acide mésoxalique. Propriétés décarboxylantes de l'homocystéine; par M. *André Touzé* et M[me] *Geneviève Brunel-Capelle* 1250

— Influence des ions mercuriques sur l'activité décarboxylante de la cystéine et de l'homocystéine; par MM. *Yves Guitton* et *André Touze.* 1367

— Influence de la température sur l'activité catalasique et peroxydasique des levures; par MM. *Hans von Euler* et *Hans Hasselquist* 1583

— Hydrolyse trypsique du lysozyme d'œuf de poule. Séparation par chromatographie sur colonne et

Pages.
analyse des peptides de l'hydrolysat; par M. *Pierre Jollès* et M[lle] *Jacqueline Thaureaux*....... 1685
— Id. Structure de quelques peptides séparés par chromatographie sur colonne et enchaînement C-terminal; par M[lle] *Jacqueline Thaureaux* et M. *Pierre Jollès*......... 1926
— Incorporation du C^{14} fourni par du glucose dans le lyo et le desmoglycogène du foie de Rat; par M[me] *Marguerite Lourau* et M. *François Meyer*............... 1688
— Importance du fer comme oligoélément dans l'utilisation de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger*; par MM. *Didier Bertrand* et *André de Wolf*....................... 1924
— Points communs entre l'α_1-cristalline et la fraction principale F_1 de l'insoluble du cristallin de Bœuf; par MM. *Jean Sirchis, Pierre Fromageot* et M[lle] *Hélène Bernard*...... 2164
— Nouvelles données sur la constitution du phtiocérol; par M[me] *Hélène Demarteau-Ginsburg*............ 2169
— Voir *Acide ascorbique, Biochimie, Chromatographie sur papier, Endocrinologie, Enzymologie, Germination, Hématologie, Mycologie, Œnologie, Pharmacologie, Sérologie, Sucres, Vitamines.*
CHIMIE DESCRIPTIVE. — Voir *Chimie générale.*
CHIMIE DES RADIATIONS. — Influence du pH sur la formation de l'eau oxygénée en présence d'air sous l'action des rayons γ du ^{60}Co; par M[me] *Anne-Marie Koulkes-Pujo*.. 1865
CHIMIE GÉNÉRALE. — M. *Linus Pauling* adresse son Ouvrage : Chimie générale. Introduction à la Chimie descriptive et à la Chimie théorique moderne, traduit par *René Pâris*........................ 471
— Sur les flammes froides du méthane; par M. *Marcel Vanpée*.......... 804
— Voir *Catalyse, Diffusion dans les solides.*
CHIMIE INDUSTRIELLE. — L'élimination du bioxyde d'azote dans le gaz de fours à coke; par M. *Bernard Lefrançois*...................... 585
— Sur la variation de la structure poreuse des cokes au cours de leur gazéification par l'anhydride carbonique et la vapeur d'eau; par M[me] *Marthe Bastick*, MM. *Michel Moutach* et *Henri Guérin*........ 1764

Pages.
CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — Sur quelques polyacrylamides. par MM. *Jacques Parrod* et *Jean Ellès*. 1040
— Voir *Physicochimie macromoléculaire.*
CHIMIE MINÉRALE. — Origine des variations de composition du sulfure de nickel; par M. *Marc Laffitte*.... 58
— Sur un nouvel hydrate de l'ammoniac; par MM. *Antoine-Pierre Rollet* et *Guy Vuillard*.......... 383
— Sur la décomposition des oxalates de cobalt et de nickel; par MM. *André Boullé* et *Robert David*....... 495
— Préparation des carbamates alcalins; par M. *Maurice Bernard*......... 844
— Préparation des carbamates de rubidium et de césium; par M. *Maurice Bernard*.................... 1528
— Sur un nouveau procédé d'extraction du gallium; par M. *Pierre de la Bretèque*...................... 958
— Sur la stabilisation du sequioxyde de fer cubique; par MM. *André Michel* et *Marcel Lensen*.............. 1422
— Étude pour une méthode de préparation des alcanoates de métaux de transition; par MM. *Pierre Dupuy* et *Claude Moreau*........... 1635
— Étude micrographique de l'oxydation de la magnétite; par M. *Isaac Behar*......................... 1877
— Voir *Alliages, Aluminium, Arséniates trisodiques, Terres rares.*
CHIMIE ORGANIQUE. — Sur un dérivé coloré du triphénéthynylcarbinol; par M. *Michel Siematycki*.. 69, 856
— Hydrogénation sélective de l'acétylacétanilide et de ses dérivés méthylés par l'hydroborure de potassium; par MM. *Paul Pastour* et *Ernest Maréchal*................ 166
— Sur la méthoxy-7 dihydroxy-5.8 flavanone; par M. *Jean Chopin*... 588
— Sur les diméthoxy-7.8 et diméthoxy-6.7 hydroxy-5 flavanones. par M. *Jean Chopin*............ 745
— Sur la structure d'un nouveau dérivé flavonique isolé du cœur de merisier (*Prunus avium*); par MM. *Jean Chopin, Darius Molho, Henri Pachéco* et *Charles Mentzer*......... 712
— Sur le chloro-3 butène-3 oïque et quelques-uns de ses dérivés; par M. *Roger Vessière*.............. 593
— Prototropie en milieu basique du chloro-3 butène-3 oate d'éthyle; par M. *Roger Vessière*.......... 811
— Structure du produit de monoaddition du trichlorosilane au nopi-

Pages.

nène; par MM. *Raymond Calas* et *Émile Frainnet*................ 595

— Sur une nouvelle transposition : passage de certaines hydroxy-2 benzyl-2 coumaranones-3 aux benzal-3 coumaranones-2 par réaction thermique; par M. *Darius Mohol* et Mlle *Michèle Chadenson*.......... 780

— Réduction par $LiAlH_4$ de deux tétrahydrofurannes homologues à chaînes latérales substituées par le groupement nitrile; par M. *Vladimir C. Arsenijevic* et Mme *Danica Dj. Stefanovic*.................. 964

— La (naphto-α, γ)2.3 tropone; par MM. *Sylvestre Julia, Yannik Bonnet* et *Wilfried Schaeppi*......... 1121

— Dérivés de la carboxy-5 cyclohexène-2 one-1; par MM. *Sylvestre Julia* et *Yannik Bonnet*......... 2079

— Sur deux nouveaux exemples de transposition propargylique; par M. *Marcel Gaudemar*........... 1216

— Sur la condensation des magnésiens avec les dinitriles α.α′ substitués; par M. *Jean Décombe* et Mlle *Monique Prétot*................... 1332

— Réarrangements rétropinacoliques dans quelques réactions d'aromatisation; par MM. *Max Mousseron, Robert Jacquier* et *Henri Christol*.. 1532

— Sur quelques aza-8 pyrimidazols; par MM. *N. P. Buu-Hoï* et *N. Dat Xuong*........................ 2090

— Voir *Absorption, Acétylation, Acides organiques, Alcools, Aldéhydes, Amines, Anthracène et dérivés, Antibiotiques, Carbures cycliques, Cétones, Cinétique chimique, Composés acétyléniques, Composés hétérocycliques, Composés organiques, Cyclohexane et dérivés, Essences végétales, Esters [Éthers], Organomagnésiens (Dérivés), Réactions chimiques, Rubrène, Synthèses chimiques, Thiophène et dérivés.*

Chimie physiologique. — Signification de la lipolyse dans la toxicité des régimes riches en acides gras désaturés libres, surcharges en cholestérol et déficients en choline; par M. *Guy Clément*, Mmes *Jacqueline Clément* et *Jeanine Raulin*....... 421

— Voir *Chimie biologique.*

Chimie physique. — A propos d'une récente Communication de Selwood, Adler et Phillips sur l'analyse thermomagnétique de catalyseurs au nickel sur support; par M. *André Michel*............... 373

— L'état hautement associé de l'histamine; par Mlle *Simone Hatem*... 801

— Sur la floculation des hydrosols par des mélanges d'électrolytes contenant un ion « stabilisant »; par Mme *Ginette Watelle-Marion*..... 944

— Formation de l'éthane lors du craquage du propane; par Mme *Nina Medvedeva*, M. *Moïse Neiman* et Mlle *Hélène Torsoueva*.......... 1203

— Étude spectrale de la chimiluminescence produite au cours de la décomposition de l'hydrazine anhydre. Considérations nouvelles sur l'origine de la bande α de l'ammoniac; par MM. *Guy Pannetier* et *Henri Guenebaut*............ 1205

— Sur le mécanisme de la dismutation du sesquioxyde en bioxyde de manganèse et ion manganeux; par M. *Jean Brenet*................ 1310

— Sur l'étude du phénomène de solvatation par des mesures de réfraction spécifique; par M. *Raymond Amiot*......................... 1311

— Influence de la température sur la séparation isotopique sous l'effet du courant continu dans le gallium fondu; par MM. *Maurice Goldman, Guy Nief* et *Étienne Roth*.......................... 1414

— Sur l'effet photodipolaire dans le sulfure de zinc; par MM. *René Freymann, Edmond Grillot*, Mlles *Monique Hagène* et *Madeleine Le Page*.......................... 1522

— Voir *Absorption, Carbures d'hydrogène et dérivés, Cellulose, Chimie des radiations, Chimie industrielle, Cinétique chimique, Complexes (Chimie des), Complexes moléculaires, Composés métalliques, Diélectriques, Diffusion de la lumière, Effet Raman et chimie, Électromigration, Ferromagnétisme, Montmorillonite, Physicochimie des solutions, Physique macromoléculaire, Spectrographie infrarouge, Systèmes chimiques, Uranium.*

Chimie structurale. — Voir *Spectrographie infrarouge.*

Chimie théorique. — Remarques sur l'approximation des intégrales à trois centres par la formule de Mulliken à propos d'un calcul des orbitales self-consistentes de la molécule de diborane; par Mlle *Hélène Brion*..................... 271

Pages.

— Sur l'approximation de Pariser et Parr; par M. *Federico Peradejordi*. 276
— Applications de la méthode des polygones; par M. *Isaac Samuel*...... 273
— Énergie de polarisation et réactivité chimique; par M. *Camille Duculot*. 378
— Sur l'addition d'un proton aux dérivés substitués de l'amino-4 azobenzène; par Mme *Alberte Pullmann* et M. *Bernard Pullman*.... 1322
— Voir *Cancérologie, Carbures d'hydrogène et dérivés, Chimie générale, Complexes (Chimie des), Mécanique ondulatoire.*
CHIMIE VÉGÉTALE. — Sur la réduction des erreurs dans l'analyse végétale par spectrophotométrie de flamme; par M. *Maurice Pinta* et Mlle *Colette Bove*........... 179
— Essence de *Salvia juriščii*. Présence de Salvène : ses nouvelles caractéristiques; par M. *René Salgues*.. 177
— Combinaison équimoléculaire d'acide *d*-tartrique et d'acide *l*-malique dans le suc de raisin vert; par MM. *Alexandre F. Damanski, Vladimir C. Arsenijevic* et Mme *Lucie S. Arsenijevic*.................... 919
— Les *Catharanthus* de Madagascar; par MM. *Robert Pernet, Georges Meyer, Jean-Michel Bosser* et *Gabriel Ratsiandavana*............ 1352
— Sur un cyclitol nouveau, le *l*-pinitol, isolé d'*Artemisia Dracunculus* L. (Composées); par M. *Victor Plouvier*.......................... 1913
— Voir *Alcaloïdes, Chimie biologique, Chimie organique.*
CHIMIOAUTOTROPHIE. — Voir *Chimie biologique.*
CHIMIOTHÉRAPIE. — Voir *Cancérologie.*
CHINE. — Voir *Pharmacologie végétale.*
CHIRURGIE. — Voir *Histoire des sciences.*
CHLORURES. — Voir *Chimie organique, Magnétisme.*
CHLORURE DE LIHIUM. — Voir *Polarimétrie.*
CHLORURE DE POTASSIUM. — Voir *Cristallographie.*
CHLORURE DE SODIUM. — Voir *Diffusion de la lumière.*
CHLORURE FERREUX. — Voir *Magnétisme.*
CHLORURE STANNEUX. — Voir *Pharmacodynamie.*
CHOC OPÉRATOIRE. — Voir *Physiologie.*
CHOLESTÉROL. — Voir *Chimie physiologique.*
CHOLINE. — Voir *Pharmacologie.*

Pages.

CHONDRIOME. — Voir *Cytologie végétale.*
CHROMATICITÉ. — Voir *Colorimétrie.*
CHROMATOGRAPHIE. — Sur les perturbations observées dans la chromatographie sur papier d'une base organique non amphotère (l'agmatine) et sur la contribution de ces faits à l'analyse du phénomène de chromatographie sur papier en général; par MM. *François Miranda* et *Serge Lissitzky*......... 1458
— Voir *Acide ascorbique, Chimie biobiologique, Physiologie végétale.*
CHROME. — Voir *Aciers.*
CHROMOSOMES. — Voir *Cytologie.*
CHROMOSPHÈRE. — Voir *Magnétisme terrestre.*
CHRONAXIE. — Voir *Physiologie.*
CHRYSANTHÈME. — Voir *Cytologie végétale.*
CHTAMALES. — Voir *Biologie marine.*
CINÉMATIQUE. — Voir *Aérodynamique des turbomachines.*
CINÉTIQUE CHIMIQUE. — Sur la cinétique de cristallisation partielle du polychlorure de vinyle; par M. *André Kovacs*.............. 50
— Influence d'un atome d'halogène sur la réactivité d'un autre halogène de la même molécule; par Mmes *Germaine Thuillier* et *Pascaline Daudel*.................. 147
— Étude cinétique de l'action de l'acétate de sodium sur le chlorure de diméthyl-heptyle en milieu acétique glacial; par MM. *Charles Prévost* et *Jean Landais*........ 1893
— Voir *Cristallographie, Cyclohexane et dérivés, Systèmes chimiques, Thermocinétique.*
CINÉTIQUE THERMIQUE. — Voir *Thermocinétique.*
CLIMATOLOGIE. — Contribution à l'enregistrement de la charge spatiale atmosphérique; par M. *Georges Beau*, Mme *Lucien Blanquet*, MM. *Paul Blanquet* et *Alain Fourton*... 784
COBALT. — Voir *Alliages, Chimie des radiations, Chimie minérale, Magnétisme, Physique nucléaire.*
COBAYE. — Voir *Cardiologie, Pharmacodynamie.*
CODIUM. — Voir *Algologie.*
COKES. — Voir *Chimie industrielle.*
COLIBACILLE. — Voir *Économie rurale.*
COLLAGÈNE. — Voir *Pathologie expérimentale.*

	Pages.
Collembole. — Voir *Morphologie expérimentale.*	
Colorants. — Voir *Chimie organique.*	
Colorimétrie. — Sur l'emploi d'une fonction exponentielle pour établir une échelle uniforme de chromaticité; par MM. *Ryuzaburo Taguti* et *Masako Sato*	654
Comètes. — Voir *Spectroscopie.*	
Complexes (Chimie des). — Identification des complexes dans une solution de cyanure de potassium et de cuivre; par MM. *Coriolan Calmar* et *Max Costa*	56
— Orbitales 3*d* dans les liaisons enzyme-métal-substrat; par Mme *Andrée Goudot*	953
— Constantes de formation des complexes de certains acides aminés avec le nickel; par Mlle *Simonne Pelletier*, M. *Jean Curchod* et Mlle *Marguerite Quintin*	1868
Complexes moléculaires. — Formation de complexes moléculaires entre le pyrrole, le benzènethiol, le phénol, les alcools et les monohalogénoalcanes; par Mlle *Marie-Louise Josien* et M. *Pierre Dizabo.*	44
Complexes pulvérulents. — Voir *Minéralogie.*	
Composés acétyléniques. — Sur les composés acétyléniques à longue chaîne et leur cyclisation; par MM. *Roland Epsztein* et *Israël Marszak*	283
Composés hétérocycliques. — Sur deux (bis-diméthylaminopropyl)-10 phénothiazines isomères et leurs homologues diéthylés; par MM. *Robert-Michel Jacob*, *Raymond Horclois*, *Roger Vaupré* et *Mayer Messer*	1637
Composés métalliques. — Composés cuivriques des acides-alcools; par MM. *Jean Lefebvre* et *Pierre Souchay*	1416
— Composés tartriques du cuivre et constitution de la liqueur dite de Fehling; par MM. *Pierre Souchay* et *Jean Lefebvre*	1626
Composés organiques. — Sur la formation d'un dérivé du diaza-1.4 norcarane; par MM. *Henri Moureu*, *Paul Chovin* et *Louis Petit*	910
Conductibilité. — Voir *Photoconductibilité.*	
Conductibilité thermique. — Voir *Thermodynamique.*	
Congélation. — Voir *Thermodynamique.*	
Congo. — Voir *Pétrographie.*	
Congocidine. — Voir *Antibiotiques.*	
Constantes cinétiques. — Voir *Catalyse.*	
Coq. — Voir *Biologie.*	
Corrosion. — Voir *Métallographie.*	
Corse. — Voir *Géologie*, *Minéralogie*, *Océanographie physique.*	
Cortisone. — Voir *Endocrinologie.*	
Côte d'Ivoire. — Voir *Pédologie.*	
Couches minces. — Voir *Alliages*, *Électricité.*	
Coumaranones. — Voir *Chimie organique.*	
Coumarines. — Voir *Synthèses chimiques.*	
Couronne solaire. — Voir *Astrophysique.*	
Crâne. — Voir *Anatomie.*	
Cristallin. — Voir *Chimie biologique.*	
Cristallographie. — Étude aux rayons X des transformations du stéarate et du laurate de plomb en fonction de la température; par M. *Jean-Jacques Trillat*, Mmes *Suzanne Barbezat* et *Annick Jacquot*	71
— Sur la transformation du nickel cubique en nickel hexagonal; par M. *Jean-Jacques Trillat*, Mme *Léa Tertian* et M. *Nobuzo Terao*	666
— Mesure de la vitesse de croissance de cristaux de chlorure de potassium au sein d'une solution; par M. *Maurice Davion*	1222
— Voir *Chimie biologique*, *Métallographie*, *Optique cristalline*, *Optique électronique*, *Physique cristalline*, *Piézoélectricité*, *Radiocristallographie*, *Structure cristalline*, *Thermodynamique.*	
Croissance. — Voir *Biologie*, *Biologie végétale*, *Économie rurale*, *Pharmacologie*, *Physiologie*, *Physiologie végétale.*	
Croissance cellulaire. — M. *Christian Champy* présente : « Les facteurs de la croissance cellulaire. Activation et inhibition »; par *Jean Brachet*, *Pierre Chouard*, *Albert Delaunay*, *Guy Deysson*, *Pierre Dustin*, *Pierre Gavaudan*, *Raoul-Michel May*, *Charles Oberling*, *K. W. Thimann*, *Étienne Wolff*, publiés sous la direction de *J. André Thomas*	1984
Crustacés. — Existence d'un organe	

Pages.
analogue à la « glande androgène » chez un Pagure et un Crabe; par Mme *Hélène Charniaux-Cotton*.... 1168
CRYPTOGAMIE. — Les maladies cryptogamiques du Manioc en Afrique Occidentale par *Jean Chevaugeon* (imp.)........................ 1090
CUIVRE. — Voir *Alliages, Complexes, Composés métalliques, Électricité, Magnétisme.*
CULTURE DE TISSUS. — Voir *Histogénie expérimentale.*
CYANURE DE POTASSIUM. — Voir *Complexes (Chimie des).*
CYCLISATION. — Voir *Acides organiques.*
CYCLITOL. — Voir *Chimie végétale.*
CYCLOHEXANE ET DÉRIVÉS. — Quelques condensations diéniques avec l' (acétoxy-1-vinyl) 1-cyclohexène; par MM. *Max Mousseron, François Winternitz* et *Claude Balmossière*.. 1328
— Recherches dans la série du bicyclo-(0.1.4) heptane; par MM. *Max Mousseron, Robert Jacquier* et Mlle *Renée Fraisse*............. 1880
— Interprétation des cinétiques de solvolyse de chloro-2 cyclopentanols et cyclohexanols trans; par MM. *Max Mousseron, Jean Julien* et *Hubert Bodot*.................. 2077
— Voir *Acides organiques, Alcools, Chimie organique, Résonance nucléaire, Spectrographie hertzienne.*
CYSTÉINE. — Voir *Chimie biologique.*
CYTOCHIMIE. — Activité succinoxydasique d'éléments subcellulaires du cortex cérébral du Bœuf; par MM. *Nicolas Chalazonitis* et *Masanori Otsuka*.................... 978
CYTOGÉNÉTIQUE. — Étude comparative du comportement en méiose de quelques *Agropyrum* et de leurs hybrides F_1, par Mme *Yvonne Cauderon*........................ 1054
— Voir *Génétique.*
CYTOLOGIE. — Sur quelques dispositions inframicroscopiques de l'endothélium des capillaires pulmonaires chez les Mammifères; par MM. *Albert Policard, André Collet* et Mlle *Simone Prégermain*...... 8
— Ultrastructure du spermatozoïde aberrant d'un Iule, *Spirostreptus castaneus* Attems (Myriapode Diplopode), avec des remarques sur les chromosomes; par M. *Pierre-P. Grassé*, Mlles *Odette Tuzet* et *Nina Carasso*........................ 337
— Mise en évidence de l'ergastoplasme dans les leucophagocytes d'un Insecte *Gryllus domesticus* (Orthoptère, *Gryllidæ*); par M. *André Berkaloff*...................... 1158
— Voir *Biologie générale, Cardiologie, Croissance cellulaire, Cytogénétique, Hématologie, Physiologie cellulaire.*
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — Sur les réactions cytologiques du *Chrysanthemum segetum* L. Composée, soumis à des photopériodes de durée et d'intensités différentes; par Mme *Arlette Lance*.................. 302
— Étude cytologique du lait de coco au cours du développement de la noix; par M. *Pierre Henry*....... 401
— Contribution à l'étude de la fécondation chez *Cephalotaxus*; par M. *Michel Favre-Duchartre*....... 1349
— Variations saisonnières du chondriome dans le cambium de *Robinia pseudoacacia*; par M. *Roger Buvat*.......................... 1908
— Id. dans les cellules parenchymateuses du phloème de *Robinia pseudoacacia*; par M. *Roger Buvat*. 2127

D

DATURA. — Voir *Botanique.*
DÉCHARGE ÉLECTRIQUE. — Voir *Électro-érosion.*
DÉFORMATION DES MÉTAUX. — Voir *Mécanique physique.*
DÉRIVÉS HALOGÉNÉS. — Voir *Physicochimie des solutions.*
DÉVONIEN. — Voir *Paléontologie.*
DIABÈTE. — Voir *Physiologie appliquée.*
DIÉLECTRIQUE. — Observation de relaxation diélectrique et de déplacements de la température de transition dans le sulfate d'ammonium; par MM. *Serge Le Montagner* et *André Le Traon*......... 1034
DIFFRACTION. — Voir *Magnétisme.*

Pages.

DIFFRACTION DE FRESNEL. — Voir *Optique électronique.*
DIFFRACTION ÉLECTRONIQUE. — Voir *Alliages.*
DIFFUSION DANS LES SOLIDES. — Ionisation de l'hydrogène dissous dans les métaux; par M. *Albert Hérold*.. 806
DIFFUSION DE LA LUMIÈRE. — Étude par diffusion de la lumière de l'action du chlorure de sodium sur l'oxyhémoglobine; par Mlle *Nicole Benhamou* et M. *Gilbert Weill*........ 2054
— Voir *Physique cristalline.*
DIFFUSION THERMIQUE. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés.*
DIFFUSION URANIUM-ZIRCONIUM. — Voir *Métallographie.*
DIGESTION. — Voir *Économie rurale, Ichtyologie, Physiologie.*
DIGUES. — Voir *Hydraulique.*
DINOSAURIEN. — Voir *Paléontologie, Pétrographie.*
DIOLS. — Voir *Esters [Éthers].*
DIPTÈRE. — Voir *Morphogenèse expérimentale.*
DISTILLATION SOLAIRE. — Voir *Thermodynamique.*

Pages.

DOSAGE. — Voir *Bactériologie, Physique de l'atmosphère, Sérologie.*
DROSERA ROTUNDIFOLIA. — Voir *Histologie végétale.*
DROSOPHILES. — Voir *Génétique, Pathologie des insectes.*
DYNAMIQUE. — Voir *Thermodynamique.*
DYNAMIQUE DES FLUIDES. — Écoulements transsoniques avec onde de choc; par M. *Paul Germain*... 1190
— Forces aérodynamiques non stationnaires sur une aile mince de très faible allongement en déformation; par M. *Jean-Pierre Guiraud*...... 1278
— Sur la nature de la singularité d'un écoulement de fluide compressible au voisinage de la pointe avant d'une aile delta en régime subsonique; par M. *Jean-Pierre Guiraud*......................... 2012
— Détermination du champ de vitesses en aval d'un choc détaché; par MM. *Paul Guienne* et *Fernand Bouniol*....................... 1479
— Voir *Aérodynamique, Mécanique des fluides.*
DYNAMO AMPLIFICATRICE. — Voir *Électrotechnique.*

E

EAU DE MER. — Voir *Minéralogie, Océanographie physique.*
EAU LOURDE. — Voir *Polarimétrie.*
EAU OXYGÉNÉE. — Voir *Chimie des radiations.*
ÉCHANGEURS DE CATIONS. — Voir *Uranium.*
ÉCHANGEURS D'IONS. — Voir *Montmorillonite, Physicochimie macromoléculaire.*
ÉCHINULINE. — Voir *Carbures cycliques.*
ÉCLIPSES. — Sur la variation de la proportion de lumière polarisée dans la pénombre, au cours de l'éclipse partielle de Lune, du 15-16 juillet 1954; par M. *Jean-Henri Focas*... 1490
ÉCONOMIE RURALE. — Influence d'un facteur de croissance du colibacille extrait d'*AspergillusFlavus* sur le gain de poids et la flore intestinale; par MM. *Raymond Ferrando, Pierre Lallouette,* Mlle *Gisèle Bourderon* et M. *Joseph Froget*........ 537
— Age et digestibilité chez le Porc; par Mme *Geneviève Charlet-Lery* et M. *Zelmen Zelter*.............. 615
ÉCROUISSAGE. — Voir *Métallographie.*
EFFET HALL. — Voir *Magnétisme.*
EFFET KIRKENDALL. — Voir *Métallographie.*
EFFET PHOTODIPOLAIRE. — Voir *Chimie physique.*
EFFET RAMAN ET CHIMIE. — Dosages par effet Raman et équilibres de formation de l'ion NO_2^+ dans les mélanges binaires HNO_3—H_2SO_4; par Mme *Suzanne Fénéant* et M. *Jean Chédin*.................. 41
— Voir *Chimie organique, Spectroscopie, Structure cristalline.*
EFFETS OSMOTIQUES. — Voir *Thermodynamique.*
EFFET STARK. — Voir *Spectroscopie Hertzienne.*

Pages.

ÉLASTICITÉ. — Voir *Mécanique physique.*

ÉLECTRICITÉ. — Sur la résistivité des films métalliques très minces; par Mme *Geneviève Darmois* 241, 1024

— Sur la résistance électrique des alliages cuivre-aluminium; par Mme *Geneviève Darmois* et M. *Sylvain Janssen* 1496

— Théorie de la charge des particules submicroniques dans les champs électriques ionisés; vitesse de précipitation de ces particules; par M. *Robert Cochet* 243

— Problème général de la charge acquise par une particule sphérique dans un champ électrique bi-ionisé; par MM. *Marcel Pauthenier, Robert Cochet* et *Jean Dupuy*. 1606

— La linéarité des impédances électrolytiques; par MM. *Gregory Stewart Buchanan* et *Félix Gutmann*..... 374

— Sur une partie réelle associée à l'impédance d'un circuit purement réactif; par M. *Charles Lafleur*.. 645

— Mesure de l'état hygrométrique des gaz au moyen de résistances hygrométriques; par MM. *Jean Coulon* et *Georges Gayrard*........ 753

— Étude sur l'utilisation de thermistances pour la mesure des basses pressions; par Mme *Milena Varičak* 893

— Sur un nouveau système d'électrodes en vue de la détermination de la résistivité transversale des isolants; par M. *Robert Lacoste*...... 1609

— Sur une méthode de champ alternatif pour la mesure des mobilités d'ions gazeux; par Mme *Éliane Montel*... 1735

— Voir *Électro-érosion, Géophysique, Photoélectricité, Piézoélectricité, Radioélectricité, Semi-Conducteurs.*

ÉLECTROCARDIOGRAMME. — Voir *Cardiologie.*

ÉLECTROCHIMIE. — Sur la recherche d'une électrosmose hors de tout milieu filtrant; par M. *Luc Henry Collet*........ 266

— Voir *Complexes (Chimie des), Électrophorèse.*

ÉLECTRO-ÉROSION. — Sur l'effet d'électro-érosion; par MM. *Marc Bruma* et *Jacques Roncin*........ 249

ÉLECTROLYSE. — Voir *Chimie physique, Électricité.*

ÉLECTROMAGNÉTISME. — Montage à 3 000 MHz, pour l'étude de la résonance paramagnétique électronique et du signe du facteur de Landé; par M. *André Charru*........ 652

— Phénomène des zébrures dans le chauffage superficiel par induction électromagnétique haute fréquence; par MM. *Jacques Pomey, Jean Georges* et *Louis Abel*..... 1745

— Cavité métrique et décimétrique à accord linéaire; par MM. *Claude Brot* et *Alain Soulard*........ 1848

— Voir *Physique corpusculaire, Physique théorique, Polarimétrie ultrahertzienne, Relativité.*

ÉLECTROMAGNÉTISME THÉORIQUE. — Sur la notion d'écrans infiniment minces et infiniment conducteurs; par M. *Paul Poincelot*........ 1616

— Sur le théorème de Babinet, au sens de la théorie électromagnétique; par M. *Paul Poincelot*........ 1743

ÉLECTROMÉTALLURGIE. — Préparation simultanée de calcium et de silicoaluminium; par MM. *Jean-Lucien Andrieux* et *Étienne Bonnier*..... 1259

ÉLECTROMIGRATION. — Concentration des isotopes du lithium par électromigration sur papier; par MM. *André Bonnin* et *Marius Chemla*.. 1112

ÉLECTRONIQUE. — Réalisation d'un fréquencemètre électronique de haute sensibilité à lecture directe; par MM. *Jean Lagasse, Robert Lacoste* et *Jean Prades*........ 1406

— Systèmes non linéaires de deuxième ordre. Applications à l'électronique; par M. *Lefteri Sideriades*.. 1850

— Examen au microscope à photoémission de métaux soumis à une contrainte mécanique; par MM. *Robert Goutte, Clément Guillaud* et *Robert Arnal*........ 2026

— Voir *Alliages, Cancérologie, Électromagnétisme, Nébuleuses, Optique électronique, Physique corpusculaire, Physique nucléaire, Résonance magnétique.*

ÉLECTROPHORÈSE. — Théorie de l'électrophorèse sur support; par MM. *René Audubert* et *Serge de Mende*.. 53

ÉLECTROSMOSE. — Voir *Électrochimie, Électromigration, Immunologie, Sérologie.*

ÉLECTROTECHNIQUE. — Étude analogique des dynamos amplificatrices; par M. *Jean Robert*........ 135

ÉLÉPHANTS. — Voir *Parasitologie.*

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — Modalités de la différenciation des tubes excréteurs formés tardive-

Pages.
ment, au cours du développement normal du mésonéphros (Amphibiens anoures); par M. *Roger Cambar* ... 194
— Le rectum ne participe pas à l'édification de la partie postérieure de l'uretère primaire; démonstration expérimentale (Amphibiens Anoures); par M. *Jean-Daniel Gipouloux* ... 2147
EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — Embryogénie des Urticacées. Développement de l'embryon chez le *Parietaria officinalis* DC.; par M. *André Lebègue* ... 817
— Rubiacées. Développement de l'embryon chez le *Diodia Dasycephala* Cham. et Schlecht; par M. *Pierre Crété* ... 861
— Embryogénie des Adoxacées. Développement de l'embryon chez l'*Adoxa Moschatellina* L.; par M. *René Souèges* ... 1376
— Orchidacées. Les lois du développement chez le *Neottia Nidus-avis* Rich.; par M[lle] *Yvonne Veyret* ... 1549
EMBRYOLOGIE. — Sur les relations entre le grand axe de l'utérus et le plan de symétrie bilatérale chez l'embryon de Souris; par M. *Paul Ancel* et M[me] *Maryse Reyss-Brion* ... 932
— Sur l'inversion du plan de symétrie bilatérale chez l'embryon de Souris; par M. *Paul Ancel* et M[me] *Maryse Reyss-Brion* ... 1380
— Comportement en culture *in vitro* du blastoderme de Truite complet ou fragmenté; par M[lle] *Laure Richard*, M. *Charles Devilliers* et M[lle] *Juliette Colas* ... 1918
— Voir *Biologie, Biologie expérimentale, Tératologie, Virologie.*
EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Les stades fœtaux successifs de l'inhibition du développement des ébauches mammaires de la Souris, sous l'effet d'une hormone œstrogène; par M. *Albert Raynaud* et M[me] *Albert Raynaud* (née *Jeanne Chaulin-Servinière*) ... 424
— Réaction précoce, à l'hormone œstrogène, des canaux de Müller du fœtus de Souris; par M. *Albert Raynaud*. 2144
— Sur la topographie des ébauches présomptives du membre postérieur du Poulet; par M. *Armand Hampé*. 970
— Localisation de l'organisateur de la glande uropygienne chez l'embryon de Canard par M. *Lucien Gomot* ... 2142
— Voir *Biologie expérimentale.*
EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — Voir *Botanique.*
ÉMISSION α. — Voir *Physique nucléaire.*
ÉMISSION THERMIONIQUE. — Le déclin de l'émission thermionique des cathodes à oxydes alcalinoterreux et à oxyde de thorium en régime d'impulsions; par MM. *Guy Mesnard* et *Robert Uzan* ... 1502
ÉMULSION NUCLÉAIRE. — Densité de grains de traces de protons dans les émulsions nucléaires diluées; par M. *Georges Philbert* ... 36
— Modes de réaction des protons de 0,95 GeV avec les noyaux légers et lourds de l'émulsion photographique; par M. *Georges Philbert* ... 141
— Sur une méthode de discrimination des particules chargées dans les émulsions nucléaires par révélation physique; par M. *Pierre Cüer*, M[lle] *Christiane Gégauff* et M. *Jean-Pierre Lonchamp* ... 709
ENDOCRINOLOGIE. — Action de diverses hormones thyroïdiennes et de l'acide 3:5:3'-triiodothyroacétique sur la fixation des iodures par le corps thyroïde; par MM. *Robert Courrier, Jean Roche*, M[me] *Odette Michel*, M. *Raymond Michel* et M[me] *R. M. Andrée Colonge* ... 5
— Action des œstrogènes, des androgènes et des corticostéroïdes sur l'activité thyroïdienne; par MM. *Robert Courrier, François Morel, Louis Zizine* et *Alexandre Psychoyos* ... 217
— Action de la thyroxine sur la thyroïde d'animaux porteurs de lésions hypothalamiques; par MM. *Robert Courrier, François Morel* et M[me] *Andrée Colonge* ... 333
— Substances antihistaminiques « et fonction du corps jaune de l'ovaire; par MM. *Robert Courrier* et *Louis Chédid* ... 1001
— Nouvelle contribution à l'étude des rapports entre la posthypophyse et la thyroïde; par MM. *Robert Courrier* et *Louis Zizine* ... 1577
— Utilisation de Rats normaux traités à l'hydrocortisone pour la mise en évidence *in vivo* d' « hypophysostimulines » à effet corticotrope; par M[me] *Cécile Mialhe-Voloss* et M. *F. Fred Stutinsky* ... 189
— Mise en évidence *in vivo* d'une « hypo-

Pages.
physostimuline » à effet corticotrope dans l'hypothalamus antérieur du Bœuf; par M. *Fred Stutinsky*........................ 520
— L'antagonisme épiphyso-hypophysaire. Étude *in vitro* par la méthode de E. Wolff; par Mme *Anne Moszkowska*........................ 315
— Influence de l'œstradiol et de la progestérone sur les phosphates acidosolubles de l'utérus de Rat; par MM. *Pierre Volfin, Hubert Clauser* et Mlle *Danièle Gautheron*........ 522
— Action de l'adrénaline et de l'hormone de croissance antéhypophysaire sur le phosphate minéral et les phosphates labiles de l'utérus de Rat; par Mlle *Danièle Gautheron*, MM. *Pierre Volfin* et *Hubert Clauser*........................ 605
— Activité hypercalcémiante sur le chien normal ou thyroparathyroïdectomisé d'une fraction lipidique extraite des glandes parathyroïdes; par Mlles *Christiane Marnay, Monique Prelot* et M. *Yves Raoul*..... 681
— Phénomènes neurosécrétoires et ponte chez *Eisenia fœtida*; par Mme *Henriette Herlant-Meewis*... 823
— Application de la méthode à l'acide periodique-Schiff (*Mac Manus*) à l'étude de l'hypophyse fœtale du Rat; par MM. *Alfred Jost* et *Raymond Tavernier*................ 1353
— Le lobe antérieur de l'hypophyse chez la Chatte durant la gestation et l'allaitement; par MM. *Jean Racadot* et *Marc Herlant*........... 1447
— Sur la pénétration de l'iode radioactif (^{131}I) dans l'hypophyse de grenouille (*Rana temporaria*); par M. *Georges Čehovic*............. 1450
— Voir *Biologie, Embryologie expérimentale, Ornithologie, Physiologie.*
ÉNERGIE NUCLÉAIRE. — Voir *Vœux.*
ENSEMBLES (THÉORIE DES). — Points accessibles et corps de nombres complexes; par M. *Isaac Kapuano*. 546
— Sur les ensembles linéaires ne portant pas de pseudomesures; par MM. *Jean-Pierre Kahane* et *Raphaël Salem*........................ 1185
— Sur les ensembles de Carleson et de Helson; par MM. *Jean-Pierre Kahane* et *Raphaël Salem*........ 1706
— Construction de pseudomesures sur les ensembles parfaits symétriques; par MM. *Jean-Pierre Kahane* et *Raphaël Salem*.......... 1986
— Construction et propriétés de certains ensembles de points sur le plan hyperbolique ou sur la droite projective; par M. *Tullio Viola*...... 1819
ENTOMOLOGIE. — M. *Edmond Sergent* adresse un Ouvrage : « Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen »; par MM. *Georges Senevet* et *Louis Andarelli*, dont il a écrit la Préface..... 11
— Sur l'élimination simultanée d'acide urique et d'acide allantoïque chez les Insectes; par M. *Pierre Razet*... 185
— La parthénogenèse facultative deutérotoque de *Centroptilum luteolum* (Müll.) (Éphéméroptère); par M. *Charles Degrange*............ 201
— Le poids et le nombre d'ovarioles chez les larves nouveau-nées de *Locusta migratoria migratorioides* R. et F.; par MM. *Frédéric O. Albrecht* et *Michel Verdier*......... 203
— Sur l'anatomie céphalique des larves de *Coniopterygidæ* (Névroptères Planipennes). Les stylets et leur musculature; par M. *André Rousset*............................ 869
— Voir *Cytologie, Fourmis, Morphogenèse expérimentale, Pathologie des insectes.*
ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — L'anesthésie des proies, l'oophagie et la ponte chez *Tiphia femorata* F.; par M. *Hyppolyte Janvier*........... 872
— De la présence de chimiorécepteurs sur la tarière de *Philotrypesis caricæ* L. (*Hym. Chalcidiens Callimomidæ*); par M. *Kuttamathiathu J. Joseph*........................ 1163
— Déterminisme de l'apparition des larves estivales de *Periphyllus* (*Aphidinæ*); par M. *Lucien Bonnemaison*........................ 1166
— Influence de la température sur la durée de la diapause imaginale de *Melolontha melolontha* L. (Col. *Scarabeidæ*); par M. *Bernard Hurpin*.. 1557
ENZYMOLOGIE. — Rôle du fer dans la formation de la phosphotransacétylase; par Mme *Colette Delavier-Klutchko*...................... 980
— Voir *Chimie biologique.*
ÉOCÈNE. — Voir *Géologie.*
ÉOLIENNES (ACTIONS). — Voir *Sédimentologie.*
ÉOSINOPÉNIE. — Voir *Physiologie.*
ÉPIDÉMIOLOGIE. — Voir *Bactériologie.*
ÉPISTÉMOLOGIE. — Types divers d'évolution irréversible; par M. *Georges*

Pages.
Bouligand.................... 1580
ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — Sur le comportement à l'infini des solutions d'une équation linéaire aux dérivées partielles du second ordre; par M. *Jean-Marie Blondel*...................... 833
ÉQUATION DE BOLTZMANN. — Voir *Physique mathématique.*
ÉQUATION DE CHEW ET LOW. — Voir *Physique théorique.*
ÉQUATION DE DIRAC. — Voir *Physique théorique.*
ÉQUATIONS DE HILL. — Voir *Analyse mathématique.*
ÉQUATION DE LA DIFFUSION. — Voir *Mécanique statistique.*
ÉQUATIONS DE MATHIEU. — Voir *Analyse mathématique.*
ÉQUATION DE SCHRÖDINGER. — Voir *Physique théorique.*
ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — Voir *Analyse mathématique, Calcul numérique.*
ÉQUATIONS FONCTIONNELLES LINÉAIRES. — Équations fonctionnelles linéaires à argument fonctionnel *n*-périodique; par M. *Michel Ghermanescu*..................... 1593
ÉQUATIONS INTÉGRALES. — Voir *Analyse mathématique.*
ÉQUILIBRES CHIMIQUES. — Voir *Chimie minérale.*
ÉQUILIBRE SORET. — Voir *Thermodiffusion.*
ERREUR. — Voir *Calcul numérique.*
ESCHERICHIA COLI. — Voir *Génétique.*
ESPACES. — Espaces homogènes symétriques harmoniques à groupe semi-simple par M. *André-Claude Allamigeon*................... 121
— Voir *Fonctions (Théorie des), Géométrie, Géométrie différentielle, Topologie.*
ESPACES DE RIEMANN. — Sur la réductibilité des espaces homogènes riemanniens; par M. *André Lichnerowicz*......................... 640
ESPACES FIBRÉS. — Voir *Topologie.*
ESSENCES VÉGÉTALES. — Sur la présence d'isophytol dans l'essence absolue de jasmin; par M. *Édouard Demole*......................... 1883
— Voir *Chimie végétale.*
ESTÉRIFICATION. — Voir *Pharmacologie.*
ESTERS [ÉTHERS]. — Étude des adducts de Diels et Alder. Réduction des esters; par MM. *Olivier Riobé* et *Jean Jolivet*................... 164
— Sur l'hydrolyse du β-phényl et du β-méthyl β-phényl-dicyanopropionate d'éthyle; par M. *Robert Carrié*......................... 1213
— Recherches sur des esters de diols et de triols; par MM. *Henry Gault* et *Giang Nguyen Thanh*............ 1530
— Dérivés halogénés de la nor-cantharidine et de ses esters; par M. *Jean Jolivet*......................... 2085
— Préparations et structure d'un éther-oxyde silicié; par MM. *Jacques Valade* et *Raymond Calas*........ 386
— Sur la condensation des esters d'acides à groupement méthylène actif avec les α-cétols; par MM. *Jean Colonge* et *Jacques Dreux*......... 498
— Voir *Acétylation, Endocrinologie, Organomagnésiens (Dérivés), Pharmacologie, Synthèses chimiques.*
ÉTAIN. — Voir *Minéralogie, Toxicologie.*
ÉTANG. — Voir *Sédimentologie.*
ÉTHANE. — Voir *Chimie physique.*
ÉTHER-OXYDE. — Voir *Esters [Ethers].*
ÉTHOLOGIE. — Voir *Fourmis.*
ÉTHYLE. — Voir *Esters [Éthers].*
ÉTHYLÈNE. — Voir *Physiologie végétale.*
ÉTOILES. — L'interprétation de certaines particularités spectrales des variables de type *SS Cygni* par un modèle d'étoile double; par Mlle *Marie-Claire Zuckermann*....... 567
EUROPIUM. — Voir *Terres rares.*

F

FADINGS. — Voir *Géophysique.*
FATIGUE. — Voir *Statistique.*
FAUNE. — Voir *Paléontologie.*
FAUNE DE FRANCE. — M. *Louis Fage* présente : « Faune de France. 60. Bryozoaires ». Première partie : « Entoproctes, Phylactolèmes, Cténostomes »; par *Marcel Prenant*

Pages.
et *Geneviève Bobin*............. 1984
FÉCONDATION. — Voir *Cytologie végétale.*
FER. — M. *René Perrin* présente : « Actes du Colloque international. Le fer à travers les âges. Hommes et Techniques ». (Nancy, 3-6 octobre 1955).......................... 1704
— Voir *Chimie biologique, Chimie minérale, Enzymologie, Ferromagnétisme, Métallographie, Sédimentologie.*
FERRITES. — Voir *Ferromagnétisme, Polarimétrie ultra-hertziennes, Terres rares.*
FERROMAGNÉTISME. — Corrélations spatiales dans un ferromagnétique au voisinage du point de Curie; par MM. *Pierre Gilles de Gennes* et *André Herpin*.................. 1611
— Influence d'une irradiation en pile sur les propriétés magnétiques du ferrite de zinc; par MM. *Hubert Forestier, Gilbert Eischen* et *Georges Guiot-Guillain*.............. 1842
— Influence du point de Curie sur l'oxydation de la magnétite Fe_3O_4, du fer, du nickel et de certains alliages de fer; par MM. *Laurent Seigneurin* et *Hubert Forestier*.... 2052
— Voir *Magnétisme, Polarimétrie ultra-hertzienne, Terres rares.*
FEUILLES. — Voir *Physiologie végétale.*
FIÈVRE APHTEUSE. — Propagation du virus de la fièvre aphteuse en culture de tissu; par MM. *Horst Georg Petermann, Robert Lang* et *Czeslaw Mackowiak*............. 991
FILMS MÉTALLIQUES MINCES. — Voir *Microscopie électronique.*
FLAMMES FROIDES. — Voir *Chimie générale.*
FLAVANONES. — Voir *Chimie organique.*
FLORE AFRICAINE. — M. *Henri Humbert* dépose sur le Bureau un nouveau fascicule de la « Flore de Madagascar et des Comores »............ 1090
FLUORURES ALCALINS. — Voir *Thermodynamique.*
FLYSCH. — Voir *Pétrographie.*
FOIE. — Voir *Biologie expérimentale, Cancérologie, Chimie biologique, Immunologie, Nutrition, Pathologie expérimentale.*
FONCTIONS (THÉORIE DES). — Sur les espaces analytiques holomorphiquement séparables et holomorphiquement convexes; par M. *Reinhold Remmert*.................. 118
— M. *Gaston Julia* présente le « Traité de Théorie des Fonctions », tome I. « Principes, méthodes générales », fascicule 2; par *Henri Milloux* et *Charles Pisot*.................. 471
— Sur la dérivabilité des fonctions; par M. *Benedetto Pettineo*............ 553
— Unicité des représentations intégrales au moyen de points extrémaux dans les cônes convexes réticulés; par M. *Gustave Choquet*......... 555
— Existence des représentations intégrales au moyen des points extrémaux dans les cônes convexes; par M. *Gustave Choquet*......... 699
— Id. Existence des représentations intégrales dans les cônes convexes; par M. *Gustave Choquet*......... 736
— Les noyaux réguliers en théorie du potentiel; par M. *Gustave Choquet*. 635
— Transformation des coefficients de Fourier; par M. *Walter Rudin*.... 638
— Fonctions du type positif; par M. *Cassius Ionescu Tulcea*.......... 1389
— Sur la théorie des demi-groupes et classes de saturation de certaines intégrales singulières; par M. *Paul L. Butzer*...................... 1473
— Sur le produit de composition des fonctions et distributions à support dans R_+^n, $n > 1$; par M. *Serge Vasilach*................ 1591, 1708
— Voir *Analyse mathématique, Probabilités (Calcul des), Théorie du potentiel.*
FONCTIONS ALÉATOIRES. — Voir *Physique corpusculaire.*
FONCTIONS ENTIÈRES. — Sur l'impossibilité de quelques relations identiques entre des fonctions entières; par M. *King-Lai Hiong*.......... 222
FONCTION GLYCOGÉNIQUE. — Voir *Physiologie.*
FONCTIONS HYPERGÉOMÉTRIQUES. — M. *Niels Erick Nörlund* adresse son Mémoire : « Sur les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur »......................... 1984
FONCTIONS MÉROMORPHES. — Sur les coefficients de certaines fonctions méromorphes dans le cercle-unité; par M[lle] *Christiane Chamfy*...... 225
FONCTIONS RÉELLES. — Propriétés des fonctions réelles sur des réseaux continus de « para-voisinages »; par M. *Alexandre Froda*......... 549
FONCTIONS SOUS-HARMONIQUES. — Sur un problème de Cauchy avec des données sous-harmoniques; par

Pages.
M. *Alexandre Weinstein*......... 1993
FONCTIONS SPÉCIALES. — Sur les symboles de Hankel et le calcul de $J_\nu(z)\,Y_{\nu+p}(z) - Y_\nu(z)\,J_{\nu+p}(z)$; par M. *Ma Min-Yuan*.............. 1995
FORMOL. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés, Immunologie.*
FORMULE D'EULER. — Voir *Géométrie.*
FORMULE DE MULLIKEN. — Voir *Chimie théorique.*
FOUR A COKE. — Voir *Chimie industrielle.*
FOURMIS. — Observations éthologiques sur la « fourmi à miel » française *Proformica nasuta* Nyl; par M. *Robert Stumper*.................. 317
— Recherches sur les Fourmis parasites. *Plagiolepis grassei* et l'évolution des *Plagiolepis* parasites; par M L. *Georgese Masne*............ 673
— Recherches sur les Fourmis parasites. Le parasitisme social double; par M. *Georges Le Masne*........... 1243
FRÉQUENCEMÈTRE. — Voir *Électronique.*
FRISSON. — Voir *Psychophysiologie.*
FRITTAGE. — Voir *Métallographie.*
FROMAGES. — Voir *Microbiologie.*
FURANNE ET DÉRIVÉS. — Voir *Chimie organique.*

G

GALÈNE. — Voir *Géologie.*
GALLINE. — Voir *Terres rares.*
GALLIUM. — Voir *Alliages, Chimie minérale, Chimie physique, Métallographie, Optique.*
GARDON. — Voir *Ichtyologie.*
GAZ CARBONIQUE. — Voir *Thermodynamique.*
GÉMINATION DES IMAGES. — Voir *Astronomie.*
GÉNÉTIQUE. — Analyse cytogénétique de deux amphidiploïdes *Lolium perenne L.* × *Festuca pratensis* Huds; par M. *Sadi Essad*....... 670
— Obtention d'hybrides intergénétiques *Ægilotricum* (*Ægilops* × *Triticum*) amphidiploïdes; par M. *Marc Simonet*........................ 863
— Examen de populations de *Sphæroma serratum* sur les côtes de la péninsule ibérique; par M. *Henri Hoestlandt*......................... 1561
— Étude de populations de *Sphæroma serratum* sur les côtes de l'archipel des Açores; par M. *Henri Hoestlandt*......................... 1680
— L'influence de la température sur l'isolement sexuel; par Mme *Claudine Petit*.................... 1678
— Sensibilité héréditaire à l'anhydride carbonique chez la Drosophile. Étude d'une mutation du virus σ modifiant son spectre d'activité; par Mme *Annie Ohanessian-Guillemain*....................... 1922
— Détermination de liaisons génétiques, chez *Escherichia coli* K 12, à l'aide de radiophosphore; par MM. *Clarence R. Fuerst, François Jacob* et *Élie L. Wollman*............. 2162
— Voir *Biologie, Cytogénétique.*
GÉNIE CIVIL. — Voir *Mécanique appliquée.*
GÉOGRAPHIE. — Photographies stratosphériques obtenues au cours d'expériences sur le rayonnement cosmique; par M. *Jean Heidmann*. 2102
GÉOLOGIE. — Les « âges conventionnels » des galènes de certains gisements de plomb du Maroc; par MM. *Georges Choubert, Peter Eberhardt, Johannes Geiss, Friedrich Georg Houtermans* et *Peter Signer*...... 286
— Deuxième série de mesures d'âge de galènes de Madagascar; par MM. *Henri Besairie, Peter Eberhardt, Friedrich Georg Houtermans* et *Peter Signer*.................... 544
— Sur les formations antémiocènes de l'archipel de la Galite (Tunisie); par M. *Michel Durand Delga*..... 389
— L'évolution de l'archipel de la Galite au Néogène et au Quaternaire; par M. *Michel Durand Delga*........ 507
— Présence de l'Éocène inférieur dans le Rif septentrional (Maroc); par MM. *Paul Fallot, Michel Durand Delga* et *Jean Magné*........... 1975
— Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc; par MM. *Georges Choubert, Fernand Joly, Marcel Gigout, Jean Marçais,*

Pages.
Jean Margat et *René Raynal*..... 509
— L'imprécision d'un terme usuel du langage géologique; par M. *Paul Fourmarier*.................... 695
— Sur la présence d'une série de type « nigritien » dans l'Antécambrien de l'Ahaggar oriental (Sahara central) : la série de Tiririne; par M. *Jacques Blaise*.............. 1225
— Le Graben de Malmédy; par M. *Ferdinand Geukens*................ 1644
— Sur la présence du Permien inférieur à plantes dans le vallon de Roya, près de Saint-Étienne-de-Tinée; par MM. *Paul Corsin* et *Athos Arevian*.......................... 1776
— Sur les accidents alpins de la bordure orientale du massif de l'Argentera-Mercantour; par Mlle *Anne Faure-Muret*, MM. *Paul Fallot* et *Edmond Bolelli*................ 1813
— Le système crétacé à Madagascar; par *Henri Besairie* et *M. Collignon* (imp.)........................ 1817
— Phtanites à algues d'eau douce dans le terrain houiller des Alpes; par M. *Jean Fabre*................. 1897
— Les relations probables en Corse, entre le massif granitique et les prétendus « schistes lustrés »; par MM. *Pierre Lapadu-Hargues* et *Jacques Maisonneuve*........... 2107
— Voir *Cartographie, Géomorphologie, Granite, Minéralogie, Paléontologie, Pétrographie, Sédimentologie, Tectonique, Uranium.*
GÉOMAGÉTISME. — Voir *Magnétisme terrestre.*
GÉOMÉTRIE. — Décahexaèdre régulier et une propriété spéciale des espaces au nombre de dimensions égal à quatre ou supérieur; par M. *Matthias Matschinski*........ 472
— Formule d'Euler généralisée et condition de son application. Courbure extérieure et intérieure; par M. *Matthias Matschinski*........... 1595
— Sur le dernier théorème de géométrie de Poincaré; par M. *Aurel Wintner*. 835
— Voir *Chimie théorique, Espaces, Espaces de Riemann, Fonctions hypergéométriques, Mécanique appliquée.*
GÉOMÉTRIE DES NOMBRES. — Sur des polygones et des polyèdres particuliers; par M. *Eugène Ehrhart*... 347
GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — Sur les systèmes triples orthogonaux; par M. *Raoul-François Gloden*....... 1010

Pages.
— Structures presque hermitiennes au sens large; par M. *Gilles Legrand*. 1392
— Sur l'intersection des sous-espaces fibrés principaux d'un espace fibré principal; par M. *Daniel Bernard*. 1714
— Sur les G-structures complexes; par M. *Daniel Bernard*............. 1821
— Les transformations crémoniennes entières et les espaces à connexion affine; par M. *Georges Vranceanu*. 1997
GÉOMORPHOLOGIE. — Observation d'éboulis à lits de limon en cours de formation et anciens dans les Andes de Santiago; par M. *Louis Lliboutry*...................... 2108
GÉOPHYSIQUE. — L'interprétation des observations du vent ionosphérique suivant la méthode des « fadings »; par MM. *Ewald Harnischmacher* et *Karl Rawer*.......... 747
— Résultats d'observations systématiques du vent ionosphérique dans la région E; par MM. *Ewald Harnischmacher* et *Karl Rawer*...... 782
— Explication possible des anomalies de la pesanteur sans recours à l'isostasie; par M. *René Perrin*... 997
— M. *Pierre Tardi* rend compte d'une série d'expériences géophysiques qui ont eu lieu du 24 août au 6 septembre dans les Alpes françaises.. 1089
— Sur une zone d'importantes anomalies gravimétriques et magnétiques au Nord du Tanezrouft; par MM. *Jean Castet*, *Jean Dubief* et *Jean Lagrula*....................... 1137
— La résistance de rayonnement d'une antenne dipôle au-dessus d'un plan conducteur, étudiée du point de vue de la prospection géophysique; par M. *Faris Minaw*....... 1603
— L'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques sur ondes kilotriques et myriamétriques; par M. *Fernand Carbenay*.......... 1904
— Voir *Magnétisme terrestre.*
GERMANIUM. — Voir *Semi-conducteurs.*
GERMINATION. — Action de la lumière et de la température sur la germination des akènes du *Bidens tripartitus* L.; par M. *Paul Rollin*... 300
— Lumière et germination de *Zygophyllum album* L.; par M. *Paul Binet*.. 397
— Physiologie et évolution à propos de la germination de quelques Gymnospermes; par Mlle *Camille Bulard*........................... 599
— Influence du froid sur l'évolution des acides organiques hydrosolubles,

Pages.

non volatils, au cours de la germination des graines de *Brassica oleracea* var. *acephala*; par M. *Robert Dupéron*........................ 1139
— Sur la présence de glycérol dans les graines de *Ricinus communis* et de *Linum usitatissimum* en germination; par M. *Robert Desveaux* et Mme *Madeleine Kogane-Charles*. 1929
GÉRONTOLOGIE. — Voir *Hématologie.*
GESTATION. — Voir *Biologie, Endocrinologie, Nutrition.*
GLAUCOPHANE. — Voir *Minéralogie.*
GLUCIDES. — Voir *Physiologie.*
GLUCOSE. — Voir *Chimie biologique.*
GLYCÉMIE. — Voir *Apiculture, Physiologie appliquée.*
GLYCÉROL. — Voir *Germination.*
GLYCOGÈNE. — Voir *Chimie biologique., Physiologie.*

Pages.

GLYOXAL. — Voir *Acétylation.*
GOTHLANDIEN. — Voir *Sédimentologie.*
GRANITE. — Les principaux batholites granitiques du Bocage normand sont antérieurs à la transgression cambrienne; par MM. *Louis Chauris, Louis Dangeard, Maurice J. Graindor* et *Albert F. de Lapparent*........................... 77
— Voir *Minéralogie.*
GRAVIERS. — Voir *Sédimentologie.*
GRAVIMÉTRIE. — Voir *Géophysique.*
GREFFE. — Voir *Botanique, Viticulture.*
GRENAT. — Voir *Magnétisme.*
GROSSESSE. — Voir *Biochimie.*
GROUPES. — Voir *Algèbre, Espaces, Fonctions (Théorie des), Topologie.*
GYMNOSPERMES. — Voir *Germination.*

H

HALOGÈNES. — Voir *Cinétique chimique, Complexes moléculaires, Esters [Éthers], Organomagnésiens (Dérivés).*
HAMSTER. — Voir *Anatomie comparée.*
HAUTE ATMOSPHÈRE. — Voir *Optique atmosphérique.*
HAUTE FRÉQUENCE. — Voir *Électromagnétisme.*
HÉMATOLOGIE. — Variations de la teneur en protides et en principaux composés lipidiques du plasma sanguin du Lapin au cours de la vie; par M. *Josef Hrachovec*...... 415
— Inhibition de la synthèse de l'hémoglobine *in vitro* par l'oxyde de méthyl-bis (β-chloréthyl) amine (nitromine) et par la triéthylènemélamine; par MM. *René Truhaut* et *Claude Paoletti*............... 524
— Granules ferrugineux observés au microscope électronique dans les cellules de la moelle osseuse et dans les sidérocytes; par M. *Marcel Bessis* et Mme *Janine Breton-Gorius*.. 1235
— Disposition particulière du réticulum endoplasmique des érythroblastes. Étude au microscope électronique; par M. *Marcel Bessis* et Mme *Janine Breton-Gorius*............. 1356
— De l'action stimulante cardiaque du sang de l'organisme en profonde hypothermie; par MM. *Jean Giaja* et *Jevto Radulović*.............. 1465
— Voir *Biophysique, Pathologie expérimentale, Sérologie, Toxicologie.*
HÉMIASCOMYCÈTES. — Voir *Mycologie.*
HÉMOGLOBINE. — Voir *Hématologie.*
HÉPARINE. — Voir *Sérologie.*
HÉPATITE. — Voir *Virologie.*
HERTZIEN. — *Spectroscopie hertzienne.*
HISTAMINE. — Voir *Chimie physique, Endocrinologie, Histophysiologie.*
HISTOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — Influence de la coniférine et de la syringine sur les processus de lignification dans les cultures de tissu cambial de deux essences ligneuses; par M. *Fernand Barnoud.* 1545
HISTOLOGIE. — Présence d'organes glandulaires céphaliques chez *Scutigerella immaculata* Newport (Symphyles); par Mlle *Lisianne Jupeau*........................ 96
— Voir *Cardiologie, Chimie biologique, Fièvre aphteuse, Histophysiologie, Neurologie, Virologie.*
HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — Transformation du point végétatif en méristème d'inflorescence chez *Drosera rotundifolia* L.; par Mme *Anna Favard*........................ 2124

Pages.
— Voir *Pathologie végétale, Phyisologie végétale.*
Histophysiologie. — Action d'un libérateur d'histamine, dérivé de la *p*-méthoxyphénéthylméthylamine, sur le système lymphatique, chez le Rat; par Mlle *Lucie Arvy*...... 1232
— Comparaison des actions du chlorure de sinoménine et d'un dérivé de la méthylamine, sur les labrocytes chez le Rat; par Mlle *Lucie Arvy*.......................... 1442
Homocystéine. — Voir *Chimie biologique.*
Homotopie. — Classification de champs de direction sur une sphère; par M. *Joseph Weier*................ 1995
Hormones. — Voir *Embryologie expérimentale, Physiologie.*
Houilles. — Voir *Géologie.*
Houle. — Voir *Mécanique des fluides.*
Huiles végétales. — Voir *Chimie végétale, Germination.*
Hyaluronidase. — Voir *Sérologie.*
Hydraulique. — Méthode analytique pour le calcul des chambres d'équilibre déversantes avec apport de débit au-dessous de l'étranglement; par MM. *Léopold Escande* et *Jean Dialinas*................ 461
— Influence de la durée de fermeture dans les chambres d'équilibre déversantes à étranglement; par M. *Léopold Escande*............. 1373
— Stabilité d'une chambre d'équilibre à montage Venturi placée sur le canal de fuite d'une usine; par M. *Léopold Escande*............. 1973
— Sur l'étude analogique d'infiltrations en milieux poreux anisotropes par la méthode du papier conducteur; par MM. *Étienne Crausse* et *Yves Poirier*........................ 475
— Étude par analogie électrique des cheminées d'équilibre à section constante et à étranglement avec débit d'apport; par M. *Jean Gruat*. 562
— Indétermination d'un tourbillon; par M. *Charles Camichel*............ 620
— Réflexion et transmission d'une intumescence à un changement de section dans un canal découvert; par M. *Jean Nougaro*........... 1016
— Influence de la capillarité sur l'écoulement de filtration en régime permanent à travers les digues en terre; par M. *Gabriel Matta*...... 1398
— Technique de réalisation de modèles en sable pour l'étude des infiltrations; par M. *Gabriel Matta*...... 1830
— Sur la théorie non linéaire de la stabilité d'une installation hydroélectrique munie d'une cheminée d'équilibre; par M. *Bernard Michel*. 2017
Hydrazine. — Voir *Chimie physique.*
Hydrobiologie. — Annales de la Station centrale d'hydrobiologie appliquée. Tome VI, 1956 (imp.)... 1090
Hydrocarbures aromatiques. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés.*
Hydrodynamique. — Voir *Météorologie, Physique macromoléculaire.*
Hydroélectricité. — Voir *Hydraulique.*
Hydrogénation. — Voir *Chimie organique.*
Hydrogène. — Voir *Diffusion dans les solides, Systèmes chimiques.*
Hydrosols. — Voir *Chimie physique.*
Hygiène du travail. — Métabolisme de la silice et des silicates, injectés chez l'animal par voie intraveineuse, suivi à l'aide du radiosilicium ^{31}Si; par MM. *Pierre Süe, René Michon* et *Jean Mérinis*..... 1809
— Id. inhalés par l'animal, suivi à l'aide de ^{31}Si; par MM. *René Michon, Pierre Süe* et *Jean Mérinis*...... 2194
Hygrométrie. — Voir *Électricité.*
Hypertension. — Voir *Pharmacologie, Physiologie.*
Hypophyse. — Voir *Endocrinologie, Immunologie.*

I

Ibérique (Péninsule). — Voir *Génétique.*
Ichtyologie. — Existence d'une région à épithélium gastrique dans le tube digestif de l'alevin de Gardon (*Leuciscus rutilus* L.); par M. *François Bernard*................... 1161
— Voir *Biologie générale, Embryologie,*

Pages.

Morphogénèse, Neurologie, Pathologie expérimentale, Sérologie.

IMMUNOCHIMIE. — Essai d'identification des antigènes O des Salmonelles au moyen de l'oxydation periodique du polyoside spécifique; par Mlles *Anne-Marie Staub* et *Régina Tinelli*........................ 1460

— Voir *Chimie biologique.*

IMMUNOLOGIE. — Propriétés immunologiques de l'albumine de Cheval traitée par le formol et la chaleur : anaphylaxie chez le Cobaye; par M. *Jean-Jacques Pérez*.......... 1252

— Production des anticorps chez le jeune lapin. Action de la somatotrophine hypophysaire; par MM. *Jean Verge, Pierre Goret, Alain Paraf* et *Georges Vincent*........ 1934

— L'analyse immunoélectrophorétique des sérums de malades atteints d'affections hépatiques; par MM. *Lucien Hartmann, Pierre Burtin, Pierre Grabar* et *René Fauvert*.... 1937

— Sur la nature de la réponse secondaire; par M. *Jean-Marie Dubert*.. 1939

— Voir *Antibiotiques, Microbiologie.*

INDICE CHRONOLOGIQUE VESTIBULAIRE. — Voir *Physiologie.*

INFILTRATIONS. — Voir *Hydraulique.*

INFLAMMABILITÉ. — Voir *Chimie générale.*

Pages.

INFLORESCENCE. — Voir *Phyllotaxie.*

INFRAROUGE. — Voir *Absorption, Métrologie, Photoélectricité, Physique théorique, Spectrographie infrarouge, Spectroscopie hertzienne, Spectroscopie moléculaire, Structure cristalline.*

INFRASONS. — Voir *Acoustique.*

INTÉGRALES. — Voir *Fonctions (Théorie des).*

INTERFÉROMÈTRE. — Voir *Radioastronomie.*

INTOXICATION. — Voir *Pathologie expérimentale.*

IODE. — Voir *Endocrinologie.*

IODURATION. — Voir *Chimie biologique.*

IODURE DE PLOMB. — Voir *Thermodynamique.*

IONISATION. — Voir *Diffusion dans les solides, Électricité, Physique théorique.*

IONOPHORÈSE. — Voir *Radiobiologie.*

IONOSPHÈRE. — Voir *Géophysique.*

IRRADIATION γ. — Voir *Radiobiologie.*

ISOMÉRISATION. — Voir *Chimie organique.*

ISOPODES. — Voir *Génétique.*

ISOSTASIE. — Voir *Géophysique.*

ISOTOPES. — Voir *Chimie physique, Électromigration.*

J

JASMIN. — Voir *Essences végétales.*

JEUX. — Voir *Théorie des jeux.*

K

KOLOLO. — Voir *Botanique.*

L

LAIT. — Voir *Chimie biologique.*

LAIT DE COCO. — Voir *Cytologie végétale.*

LAMES MINCES. — Influence d'un champ magnétique sur la résistance électrique des lames minces de nickel; par Mme *Thérèse Rappeneau*..... 1403

— Voir *Optique.*

LANDES. — Voir *Mycologie.*

LANGUEDOC. — Voir *Sédimentologie.*

LAPIN. — Voir *Immunologie Pharmaco-*

Pages.
dynamie, Pharmacologie, Physiologie.
LENTILLE ÉLECTRONIQUE. — Voir *Optique électronique.*
LENTILLE MAGNÉTIQUE. — Voir *Optique électronique.*
LENTILLE QUADRUPOLAIRE. — Voir *Optique électronique.*
LEUCÉMIE. — Voir *Hématologie, Sérologie.*
LEVURES. — Voir *Chimie biologique.*
LICHÉNOLOGIE. — La signification des appareils apicaux des asques de *Gymnophysma* et de *Chlamydophysma*; par M. *Raymond Dughi*.. 750
— Appareils apicaux des asques et taxinomie des *Collema*; par M. *Raymond Dughi*.................. 1911
— Sur la structure de l'appareil apical des asques chez les Pyrénolichens des genres *Laurera* et *Trypethelium*; par Mlle *Marie-Agnès Galinou*.......................... 1146
LIGNIFICATION. — Voir *Histogénie expérimentale.*
LIPIDES. — Voir *Physiologie.*
LIQUEUR DE FEHLING. — Voir *Composés métalliques.*
LITHIUM. — Voir *Électromigration, Métallographie, Polarimétrie, Réactions chimiques.*
LOCUSTA. — Voir *Entomologie.*
LOGIQUE MATHÉMATIQUE. — Formalisation du calcul propositionnel implicatif à ℵ valeurs de Łukasiewicz; par M. *Alan Rose*...... 1183
— Id. à *m* valeurs de Łukasiewicz; par M. *Alan Rose*.................. 1263
LOIRE. — Voir *Potamologie.*
LUMINANCE. — Voir *Optique physiologique.*
LUMINESCENCE. — Voir *Chimie physique, Optique cristalline, Photoconductibilité.*
LUNE. — Voir *Éclipses.*

M

MACROMOLÉCULES. — Voir *Physique macromoléculaire.*
MADAGASCAR. — Voir *Cartographie, Chimie végétale, Flore africaine, Géologie, Minéralogie.*
MAGNÉSIENS. — Voir *Chimie organique.*
MAGNÉTISME. — Susceptibilités magnétiques principales du chlorure ferreux; par MM. *Henri Bizette, Claude Terrier* et *Belling Tsaï*.... 895
— Étude par diffraction de neutrons du grenat ferrimagnétique $Y_3Fe_5O_{12}$; par MM. *Félix Bertaut, Francis Forrat, André Herpin* et *Pierre Mériel*........................ 898
— Mesure de l'effet Hall sur des alliages palladium-métaux diamagnétiques; par M. *Joseph Cohen*..... 1105
— Susceptibilités magnétiques principales des chlorures anhydres de cobalt et de nickel; par MM. *Henri Bizette, Claude Terrier* et *Belling Tsaï*.......................... 1295
— Contribution à l'étude expérimentale des interactions du type champ moléculaire. Cas des solutions solides d'un métal ferromagnétique ou d'un métal antiferromagnétique dans le palladium; par M. *Joseph Cohen*................ 1613
— Étude des alliages ternaires palladium-nickel-cuivre; par M. *Joseph Cohen*..................... 1845
— Sur le calcul des premières excitations dans les substances magnétiques; par M. *Pierre-Gilles de Gennes*........................ 1730
— Sur le traînage magnétique de fluctuation au voisinage du point de Curie; par MM. *Decio Pescetti* et *Jean-Claude Barbier*............ 1740
— Voir *Électromagnétisme, Électromagnétisme théorique, Ferromagnétisme, Lames minces, Optique électronique, Physique moléculaire, Semi-conducteurs, Terres rares, Théorie des champs physiques.*
MAGNÉTISME TERRESTRE. — Sur la date de la dernière inversion du champ magnétique terrestre; par M. *Alexandre Roche*............ 812
— Sur l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations géomagnétiques; par M. *Osman Sipahioglu*............ 1427
— Voir *Géophysique.*

Pages.
MAGNÉTITE. — Voir *Chimie minérale.*
MAGNÉTOCHIMIE. — Voir *Physique moléculaire.*
MAGNÉTOOPTIQUE. — Sur les propriétés magnétooptiques des amines; par MM. *Fernand Gallais* et *Daniel Voigt*.......................... 942
MAÏS. — Voir *Nutrition.*
MALADIE DE HODGKIN. — Voir *Hématologie.*
MAMMIFÈRES. — Voir *Cytologie.*
MANGANÈSE. — Voir *Chimie physique, Uranium.*
MARÉES. — Voir *Biologie marine.*
MAROC. — Voir *Cartographie, Géologie, Pétrographie, Préhistoire, Sédimentologie, Uranium.*
MARTENSITE. — Voir *Aciers.*
MATHÉMATIQUES. — M. *Maurice Fréchet* fait hommage d'un fascicule des « Annales de l'Institut Henri Poincaré » contenant : 1° un Mémoire dont il est l'auteur : « Les inégalités de Minkowski dégénérées et leurs applications en Calcul des Probabilités »; 2° un Mémoire de *R. C. Geary* : « Tests de la Normalité »...................... 1467
— Lady *Whittaker* adresse plusieurs Ouvrages de mathématiques de son mari, Sir *Edmund Whittaker*. 221
— Voir *Épistémologie, Histoire des Sciences, Jubilés.*
MÉCANIQUE. — L'équilibre des voiles minces hyperstatiques; par M. *Gustavo Colonnetti*............. 761
— Id. Le cas des voiles cylindriques; par M. *Gustavo Colonnetti*....... 793
— Id. Le cas des voiles de surface minimum; par M. *Gustav Colonnetti*.................. 1087, 1701
— Une extension des liaisons non holonomes; par M. *Victor Vâlcovici*... 1012
— Sur une extension des principes variationnels de la Mécanique et sur l'existence d'autres principes analogues; par M. *Victor Vâlcovici*... 1096
— Introduction des moyennes dans les équations de la mécanique et principe de Saint-Venant; par M. *Matthias Matschinski*.............. 1273
— Vibrations non linéaires : Action asynchrone, cas du phénomène Bethenod; par M. *Robert Faure*.. 1824
— Synchronisation des oscillateurs non linéaires, critère général de stabilité; par M. *Augustin Blaquière*.. 2002
— Voir *Métrologie.*
MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — Sur la courbure normale des revêtements routiers ou analogues; par M. *Raymond F. Simonin*.............. 1187
— Sur une part d'énergie inutilement consommée par les véhicules roulant sur un revêtement moderne à surface irrégulière; par M. *Raymond F. Simonin*.............. 1598
MÉCANIQUE DES FLUIDES. — Nouvelle méthode approchée pour la couche limite compressible; par M. *Alfred Walz*.......................... 15
— Sur les solutions des équations du mouvement d'un fluide visqueux incompressible en écoulement non permanent; par M. *Jean Bass*.... 229
— Détermination expérimentale des coefficients de frottement locaux dans un canal cylindrique à section droite quelconque; par M. *Paul Gelin*........................ 836
— Formation d'un remous au bord d'attaque d'un profil d'aile; par M. *Robert Legendre*............ 838
— Sur un comparateur de niveaux de liquides; par M. *Pierre Van Eepoel*. 1014
— Écoulement subsonique transversal à un secteur angulaire plan; par M. *Robert Legendre*............ 1716
— Sur le champ aérodynamique au voisinage de l'orifice d'un résonateur allongé; par MM. *Joseph-Maurice Bourot* et *Raymond Brun*......... 2004
— Sur les lois approchées de la houle de Gertsner en profondeur finie; par MM. *Julien Kravtchenko* et *André Daubert*................. 2006
— Sur la visualisation en soufflerie d'écoulements supersoniques; par M. *Georges Dubois*................. 2009
— Voir *Aérodynamique, Dynamique des fluides.*
MÉCANIQUE DES SOLS. — Une analogie mécanique pour les terres sans cohésion; par M. *Georges Schneebeli*. 125
— Sur la vibration forcée d'un sol stratifié; par M. *Marcel Davin*.. 352, 565
— M. *Albert Caquot* fait hommage de son « Traité de mécanique des sols », en collaboration avec M. *Jean Kerisel*.................. 1005
MÉCANIQUE NON LINÉAIRE. — Étude des oscillations à déferlement par les méthodes de l'analyse topologique. Vérification dans le cas d'un multivibrateur; par MM. *Frans van den Dungen, Paul Hontoy* et *Paul Janssens*................. 627

Pages.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — M. *Louis de Broglie* fait hommage de son Ouvrage : « Une tentative d'Interprétation causale et non linéaire de la Mécanique ondulatoire (la théorie de la double solution) »... 117
— Id. d'un Ouvrage de M. *Raymond Daudel* : « Les fondements de la chimie théorique. Mécanique ondulatoire appliquée à l'étude des atomes et des molécules », dont il a écrit la Préface.............. 881
— Sur la théorie des champs quantifiés en relativité généralisée; par M. *Robert Potier*.................. 939
— Voir *Physique théorique*.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — Variations de la pente des courbes de déformation plastique des métaux; par M. *Bernard Jaoul*.............. 16
— Sur un nouveau dispositif de rupture des matériaux par un effort alternatif sinusoïdal à 87 000 c/s; par MM. *Georges Vidal* et *François Girard*........................ 1276
— Sur la dissipation relative d'énergie par cycle de déformation à basse fréquence, propriété spécifique de la matière; par M. *Paul Le Rolland* et Mme *Élizabeth Plenard*........ 1488
— Voir *Résistance des matériaux, Thermoélasticité*.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — Intégrales aléatoires de l'équation de la diffusion; par M. *Joseph Kampé de Fériet*......................... 929
— Voir *Relativité, Résonance nucléaire, Thermodynamique*.

MÉDECINE. — M. *Gaston Giraud* adresse une collection d'Ouvrages relatifs à ses travaux de médecine....... 11

MÉDITERRANÉE. — Voir *Algologie, Biologie marine, Océanographie physique*.

MÉLANGES BINAIRES. — Voir *Effet Raman et chimie, Thermodynamique*.

MELODINUS AUSTRALIS. — Voir *Pharmacologie végétale*.

MERCURE. — Voir *Neurologie, Spectroscopie hertzienne*.

MERISIER. — Voir *Chimie organique*.

MÉSONS. — Voir *Physique corpusculaire*.

MESUREUR ÉLECTRIQUE. — Voir *Océonographie physique*.

MÉTABOLISME. — Voir *Physiologie*.

MÉTALLOGÉNIE. — Voir *Uranium*.

MÉTALLOGRAPHIE. — Sur la préparation de gros cristaux de zirconium et la détermination de l'orientation des précipités d'hydrure de zirconium; par MM. *Jean-Paul Langeron* et *Pierre Lehr*............ 151
— Étude de l'oxydation à chaud du zirconium Kroll dans l'air; par MM. *Jean Hérenguel, Donald Whitwham* et *Jacques Boghen*........ 2060
— Étude de l'influence de certains atomes étrangers sur la polygonisation de la solution solide aluminium-zinc; par M. *Jean Montuelle*. 155
— Études sur le gallium en vue de son extraction au cours de la fabrication de l'alumine par *Pierre de la Bretèque* (imp.)................ 343
— Réalisation de monocristaux de lithium; par M. *Georges Champier*.. 657
— L'effet de cycles répétés de part et d'autre du point de transformation A_3, sur la structure de barreaux de fer fritté et de fer compact; par MM. *Georges Cizeron* et *Paul Lacombe*......................... 951
— Sur la mise en évidence de la polygonisation du fer par la méthode du contraste de phase interférentiel; par MM. *Georges Cizeron* et *Pierre Coulomb*...................... 1037
— Sur la mise en évidence d'un effet Kirkendall dans la diffsuion uranium-zirconium en phase γ; par MM. *Yves Adda, Jean Philibert* et *Claude Mairy*................. 1115
— Application de l'autoradiographie par trajectoires α à l'analyse d'alliages uranium-zirconium et à l'étude de la diffusion uranium-zirconium; par Mmes *Henriette Faraggi* et *Arlette Garin-Bonnet*, MM. *Yves Adda* et *Jean-Marie Henry*......................... 1316
— Mise en évidence en micrographie électronique d'une structure cellulaire, au cours de l'écrouissage et de la restauration du titane commercial; par M. *Adrien Saulnier*.. 1319
— Cours de Chimie II. Métaux; par *H. Pariselle* (imp.)............. 1704
— Nouvelle méthode pour le polissage électrolytique rapide des surfaces et ses applications métallographiques; par M. *Pierre-A. Jacquet*. 2068
— Voir *Aciers, Alliages, Électricité, Électronique, Magnétisme, Mécanique physique*.

MÉTALLURGIE. — Voir *Chimie physique, Électrométallurgie, Mécanique physique, Métallographie*.

MÉTÉOROLOGIE. — La formation artifi-

Pages.
cielle de grands cumulus producteurs de pluie; par MM. *Henri Dessens* et *Jean Dessens*.......... 814
— Une image hydrodynamique du courant de la haute atmosphère; par M. *Georges Dedebant*............ 1435
— Voir *Géophysique, Radioactivité.*
MÉTHANE. — Voir *Catalyse, Chimie générale.*
MÉTHODE DE GRAEFFE. — Voir *Calcul numérique.*
MÉTROLOGIE. — A propos de la mesure directe de l'accélération de la pesanteur; par M. *Pierre Vernotte*... 227
— Le dépouillement des expériences par la méthode de moindre imprécision ou par la méthode des moindres carrés; par M. *Pierre Vernotte*.... 1733
— Sur la mesure interférentielle des longueurs par une méthode d'observation photoélectrique; par MM. *Jean Terrien* et *Jean Hamon*. 740
— Mesure interférenlielle de la longueur d'onde de quelques radiations du proche infrarouge; par MM. *Jean Terrien* et *Toshiro Masui*....... 776
— Voir *Chimie physique, Photoélectricité.*
MICA MUSCOVITE. — Voir *Thermodynamique.*
MICROBIOLOGIE. — Acide pantothénique et immunité antistaphylococcique; par M. *Rémy Richou*............ 111
— Sur les propriétés des staphylocoques conservés au contact de substances tissulaires; par MM. *Rémy Richou, Raoul Kourilsky* et *Claude Chirol*.. 1174
— Sur la production de l'hémolysine α et de la gélatinolysine par des staphylocoques conservés en présence de pénicilline et de streptomycine; par MM. *Raoul Kourilsky, Rémy Richou* et *Claude Chirol*......... 1369
— M. *Selman A. Waksman* adresse un fascicule : « First Report 1954-1956, Institute of Microbiology, Rutgers University, the State University of New Jersey », dont il a écrit la Préface............... 471
— Sur les moyens de lutte contre l'accident du « bleu », en fromagerie de pâtes molles du type camembert. Rôle des ferments; par M. *Jean Jacquet*....................... 1568
— Mise en évidence d'un antagonisme entre riboflavine et bore dans le domaine microbiologique; par M. *Jean Adrian*.................. 2183
— Voir *Pédologie, Sérologie.*

Pages.
MICROGRAPHIE. — Voir *Chimie minérale, Métallographie.*
MICROPHONES. — Voir *Acoustique.*
MICROPHYSIQUE. — M. *Louis de Broglie* fait hommage de son Ouvrage : « Nouvelles perspectives en microphysique »...................... 11
MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — Nouvelle méthode de préparation de films métalliques minces en microscopie électronique; par MM. *Noboru Takahashi* et *Kenji Kazato*. 1408
— Voir *Hématologie, Métallographie, Optique électronique.*
MILDIOUS. — Voir *Mycologie.*
MINÉRALOGIE. — Mesure de la perméabilité et de la porosité des roches très compactes; par M. *Bernard Thenoz*........................ 289
— Sur une association tourmaline-glaucophane; par M. *Georges Branche* et Mlle *Marie-Édith Ropert*...... 387
— Présence de l'étain sur la bordure occidentale du Massif du Saint-Guiral (Cévennes méridionales); par MM. *Henri Vincienne* et *Hubert Pelissonnier*............. 915
— Sur l'existence et un mode de préparation du monohydrate de carbonate de calcium; par MM. *Guy Baron* et *Michel Pesneau*........ 1217
— Synthèse de la calamine et de la willémite à basse température; par M. *Jacques Esquevin*........ 1334
— Découverte d'indices minéralisés en tungstène, molybdène, étain et bismuth dans le Sud-Est de la Corse; par MM. *Jacques Geffroy, André Gerstner* et *Paul Lafforgue*....... 1336
— Notes posthumes, minéralogie, pétrographie, Madagascar; par *Alfred Lacroix* (imp.)................. 1817
— Note sur un traitement des complexes pulvérulents (et notamment des schlamms) en vue de la séparation de leurs constituants; par M. *Robert Fouquet*................. 2099
— Voir *Géologie, Pétrographie, Radioactivité, Sédimentologie, Terres rares.*
MIOCÈNE. — Voir *Géologie.*
MOELLE ÉPINIÈRE. — Voir *Psychophysiologie.*
MOLLUSQUES. — Voir *Parasitologie.*
MOLYBDÈNE. — Voir *Minéralogie.*
MONTMORILLONITE. — Échange de cations par la montmorillonite à température élevée; par MM. *Stanislas Goldsztaub* et *Raymond Wey*. 261

Pages.

— Sur l'adsorption d'anions oxaliques par la montmorillonite; par M. *Raymond Wey* et Mme *Germaine Yvernault*...................... 1049

MORPHINE. — Voir *Pharmacologie*.

MORPHOGENÈSE. — Le déterminisme de la « concentration » dans la nageoire dorsale de *Salmo*; par M. *Yves François*.............. 196

MORPHOGENÈSE EXPÉRIMENTALE. — Influence du mode d'innervation sur la différenciation du disque imaginal antennaire chez *Calliphora erythrocephala* Meig. (Diptère Cyclorrhaphe); par Mlle *Jeanne Schoeller*....................... 427

— Les virescences florales provoquées chez *Tropæolum majus* L. par l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique et l'existence de sporophylles chez les Angiospermes; par Mlle *Germaine Debraux* et M. *Pierre Gavaudan*..................... 1906

— Modifications morphologiques expérimentales chez *Hypogastrura Boldorii* Denis (Collembole); par M. *Paul Cassagnau*............. 603

— Id. chez *Hypogastrura manubrialis* Tulberg (Collembole); par M. *Paul Cassagnau*.................... 1361

Pages.

MORPHOLOGIE GÉOLOGIQUE. — Voir *Géomorphologie*.

MOSELLE. — Voir *Tectonique*.

MOUVEMENT. — Voir *Relativité*.

MUCOPOLYSACCHARIDES. — Voir *Pathologie expérimentale*.

MUTAROTATION. — Voir *Sucres*.

MYCOLOGIE. — Observations sur la mycoflore du sol du bois des Rièges (Camargue); par Mme *Jacqueline Nicot*......................... 820

— Premières observations sur la mycoflore des sols sablonneux des Landes de Gascogne; par M. *Jacques Montegut*................. 1144

— M. *Roger Heim* présente : « Encyclopédie mycologique. XXVI et XXVII. Mildious, oidiums, caries, charbons, rouilles des plantes de France »; par *Georges Viennot-Bourgin*. Texte et Atlas......... 1383

— Sur les asques des *Taphrina* (Hémiascomycètes); par M. *Alain Schneider*..................... 2139

— Présence de phénolases acides chez les Champignons supérieurs; par Mlle *Gilberte Legrand*........... 2167

— Voir *Biologie végétale*.

MYRIAPODES. — Voir *Cytologie*.

N

NAGEOIRES. — Voir *Morphogenèse*.

NANÇAY (STATION DE). — Voir *Radioastronomie*.

NAPHTACÈNE ET DÉRIVÉS. — Voir *Synthèses chimiques*.

NÉBULEUSES. — Les densités électroniques de 8 nébuleuses gazeuses déduites du rapport d'intensité des raies de [O II]; par M. *Henri Andrillat*......................... 702

— Mesures photoélectriques de l'excès de couleur de sept nébuleuses diffusantes par rapport aux étoiles qui les éclairent; par Mme *Marie-Thérèse Martel*................. 1401

— Polarisation de la lumière émise par la nébuleuse du Crabe; par Mme *Marie-Thérèse Martel*........... 1726

— Voir *Astronomie*.

NÉMALION. — Voir *Algologie*.

NÉMATODES. — Voir *Parasitologie*.

NEUROLOGIE. — Mode de terminaison et signification fonctionnelle des fibres myélinisées innervant sans relais ganglionnaire le tissu musculaire de l'oreillette des Téléostéens; par M. *Pierre Laurent*..... 534

— Particularités histologiques en relation avec la formation de cristaux mercuriels, au cours de certaines fixations, dans le tissu nerveux; par M. *Raymond Seite*........... 790

— Voir *Biologie*.

NEUROPHYSIOLOGIE. — Activité paroxystique du soma neuronique d'*Aplysia* sous l'effet de la strychnine. (Dérivation endosomatique des potentiels.); par Mme *Angélique Arvanitaki*, MM. *Nicolas Chalazonitis* et *Masanori Otsuka*............. 307

— Contrôle central des messages acoustiques afférents; par MM. *Michel*

Pages.
Jouvet et *Jean-Édouard Desmedt*... 1916
NEUROSÉCRÉTION. — Voir *Endocrinologie.*
NEUTRON. — Voir *Magnétisme.*
NICKEL. — Voir *Aciers, Alliages, Chimie minérale, Chimie physique, Complexes (Chimie des), Cristallographie, Ferromagnétisme, Lames minces, Magnétisme.*
NICKEL DE RANEY. — Sur un effet du nickel de Raney rendu sélectif par l'aluminate de sodium; par M. *Étienne Szarvasi*............. 907
NIGER. — Voir *Tectonique.*
NILIGONGITES. — Voir *Pétrographie.*
NIOBIUM. — Voir *Aluminium.*
NITRILES. — Voir *Cétones, Chimie organique.*
NOMBRES (THÉORIE DES). — Voir *Géométrie.*
NOPINÈNE. — Voir *Chimie organique.*
NORMALITÉ. — Voir *Mathématiques.*
NUAGES. — Voir *Astrochimie, Météorologie.*

Pages.
NUTRITION. — Double limitation de l'efficacité protidique par carence ou par excès du même acide aminé indispensable démontrée par l'aptitude de la *dl*-lysine à suppléer le gluten de maïs ou de blé; par MM. *Alain Rerat, Jean-Claude Bouffault* et *Raymond Jacquot*........ 192
— Importance du placenta dans l'anabolisme protidique de la gestation. Cas des régimes pauvres en azote; par Mlle *Geneviève Bourdel* et M. *Raymond Jacquot*.............. 310
— Analyse des manifestations de l'anabolisme gravidique par l'étude du foie et du contenu utérin. Cas des régimes pauvres en azote; par Mlle *Geneviève Bourdel* et M. *Raymond Jacquot*................ 1155
— Influence de l'alcool éthylique sur le bilan azoté chez le Rat; par M. *Jean Causeret,* Mlle *Denise Hugot* et M. *Michel Flanzy*............. 313

O

OCÉANOGRAPHIE. — Voir *Biologie marine, Génétique; Sédimentologie.*
OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — Sur la pénétration du rayonnement ultraviolet dans les eaux côtières de Bretagne; par Mlle *Jacqueline Lenoble*........................ 668
— Id. dans les eaux méditerranéennes; par Mlle *Jacqueline Lenoble*...... 1781
— Au sujet du facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour dans la région de Roscoff; par M. *Alexandre Ivanoff*........ 1345
— Id. sur la Côte Ouest de la Corse; par M. *Alexandre Ivanoff*........... 1430
— Au sujet des propriétés optiques de l'eau de mer à Roscoff et en Corse; par M. *Alexandre Ivanoff*........ 1543
— Résultats des premiers travaux français effectués avec un mesureur électrique de courant à électrodes remorquées; par M. *Jean Martin*.. 1432
ŒNOLOGIE. — Titrage potentiométrique des anthocyannes du raisin; par MM. *Jean Ribéreau-Gayon* et *Jean Gardrat*....................... 788
— Sur la teneur en biotine des raisins et des vins; par M. *Émile Peynaud* et Mlle *Suzanne Lafourcade*...... 1800
— Voir *Chimie végétale.*
ŒSTROGÈNES. — Voir *Endocrinologie.*
ŒUF DE POULE. — Voir *Chimie biologique.*
OIDIUMS. — Voir *Mycologie.*
OISEAUX. — Voir *Biologie expérimentale, Ornithologie, Tératologie.*
OLFACTIF (ORGANE). — Voir *Aranéides.*
OLIGOÉLÉMENTS. — Voir *Chimie biologique.*
ONDES SÉISMIQUES. — Voir *Séismologie.*
ONISCOÏDE. — Voir *Biologie expérimentale.*
OPTIQUE. — Variation, avec la longueur d'onde, du changement de phase d'une onde lumineuse, lors de la réflexion dans l'air, sur une lame mince d'argent préparée par évaporation thermique; par M. *Roger Philip*........................ 365
— Sur l'amplitude complexe de la lumière réfléchie par une lame mince; par MM. *Marcel Perrot, Jean-Pierre David, Georges Péri,*

Pages.

Jean Robert et *Jean Tortasa*...... 697
— Dispositif modulateur de phase et d'amplitude permettant la réalisation d'un contraste de phase sans plaque de phase matérielle; par M. *Marcel Locquin*.............. 901
— Détermination du pouvoir réflecteur du verre à base de pentaséléniure d'arsenic; par Mlle *Ginette Dewulf* et M. *François Gans*............ 1857
— Facteurs de réflexion du gallium en lames minces; par M. *Jean Tortosa*. 2031
— Voir *Magnétooptique, Spectroscopie hertzienne*.
OPTIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — Sur l'émission des raies rouges de OI dans la haute atmosphère; par M. *Robert Robley*........................ 2120
OPTIQUE CRISTALLINE. — Transfert d'énergie dans les cristaux organiques; par MM. *Paul Pesteil* et *Adnan Zmerli*.................. 1506
— Trappes en luminescence organique; par MM. *Adnan Zmerli* et *Paul Pesteil*........................ 1757
OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — Réalisation pratique d'une lentille quadrupolaire magnétique pour particules de très haute énergie; par M. *Albert Septier*.................... 132
— Étude des champs de fuite d'une lentille quadrupolaire magnétique; par M. *Albert Septier*............ 1026
— Étude de la longueur efficace d'une lentille magnétique quadrupolaire et de ses variations dans l'entrefer; par M. *Albert Septier*........... 1297
— Emploi d'une lentille quadrupolaire magnétique pour réduire la « distorsion » de l'image en microscopie électronique par réflexion; par MM. *Charles Fert* et *Robert Saporte*.......................... 1107
— Amélioration du pouvoir de résolution du microscope électronique à émission; par MM. *Charles Fert* et *René Simon*................... 1300
— Franges de diffraction et d'interférences en optique électronique : diffraction de Fresnel, trous d'Young, biprisme de Fresnel; par MM. *Jean Faget* et *Charles Fert*... 2028
— Remarques au sujet de la Note précédente....................... 2029
— Les aberrations géométriques dans les lentilles à focalisation forte; par MM. *Michel-Yves Bernard* et *Jean Hue*.......................... 1852
— Calcul de l'induction et de ses dérivées sur l'axe d'une lentille électronique magnétique de révolution; par M. *Michel Laudet*....... 1855
— Interprétation des images dites en « lames de parquet » obtenues au microscope électronique avec des cristaux tabulaires d'oxyde molybdique; par M. *Émile Pernoux*.... 2030
— Voir *Microscopie électronique*.
OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — Au sujet de la variation du seuil différentiel successif de luminance, en fonction de la luminance, dans le domaine scotopique; par M. *Raymond Crouzy*........................ 920
ORBITALES MOLÉCULAIRES. — Voir *Chimie théorique*.
ORCHIDACÉES. — Voir *Embryogénie végétale*.
ORGANOMAGNÉSIENS (DÉRIVÉS). — Influence de l'humidification de l'éther sur le démarrage de la réaction de Grignard. Action de l'éther humide sur les organomagnésiens; par MM. *Maxence Meyer* et *Claude Shimodaira*.................... 846
— *Erratum*.......................... 1371
— Action du dimagnésien de l'acétylène sur les dérivés halogénés du tétrahydropyranne et du tétrahydrofuranne; par MM. *Olivier Riobé* et *Lucien Gouin*.......... 1424
— Voir *Chimie organique*.
ORNITHOLOGIE. — Ponte du Chardonneret induite, en toutes saisons, par l'injection de gonadotrophine équine; par M. *Léon Vaugien*.... 444
OSCILLATEUR HARMONIQUE. — Voir *Spectroscopie moléculaire*.
OSCILLATEURS NON LINÉAIRES. — Voir *Mécanique*.
OSES. — Voir *Polarimétrie, Sucres*.
OSTÉOLOGIE. — Voir *Biologie expérimentale, Chimie biologique, Hématologie, Physiologie*.
OVAIRE. — Voir *Endocrinologie*.
OXALATES. — Voir *Chimie minérale*.
OXYDATION. — Voir *Chimie minérale*.
OXYDES. — Voir *Émission thermionique*.
OXYDE DE CARBONE. — Voir *Toxicologie*.
OXYDE MOLYBDIQUE. — Voir *Optique électronique*.
OXYDE STANNEUX. — Voir *Pharmacodynamie*.
OXYHÉMOGLOBINE. — Voir *Diffusion de la lumière*.
OZONE. — Voir *Physique de l'atmosphère*.

P

Pages.

PAGURES. — Voir *Crustacés*.

PALADIUM. — Voir *Magnétisme*.

PALÉOBOTANIQUE. — A propos des Sphénoptéridées et de *Sphenopteris*; par M. *Jacques Danzé*...... 1902

PALÉONTOLOGIE. — Tabulés des formations dévoniennes du Nord de l'Afrique; par Mlle *Dorothée Le Maître*...................... 1339

— Le genre *Staphylopora n. g.* Caractères et gisements de *Staphylopora chætetiformis* Le Maître; par Mlle *Dorothée Le Maître*............. 1654

— Un Dinosaurien Stégosauriné dans le Callovien du Calvados; par MM. *Robert Hoffstetter* et *Roger Brun*......................... 1651

— Découverte d'une riche microfaune dans le calcaire silurien de la région de la Saoura (Sahara du Nord) par M. *Harry Mutvei*........... 1653

— Voir *Pétrographie, Préhistoire*.

PALÉOSOLS. — Voir *Palynologie*.

PALUDISME. — Voir *Entomologie*.

PALYNOLOGIE. — Sur un pollen du Lias inférieur; par M. *Armand Pons*... 1547

— Premiers résultats de l'analyse palynologique de quelques paléosols sahariens; par MM. *Armand Pons* et *Pierre Quezel*................ 1656

PARAMAGNÉTISME. — Voir *Semi-conducteurs*.

PARASITOLOGIE. — Remarques sur les Nématodes parasites du cæcum des Éléphants, milieu très préservé des phénomènes de sélection; par M. *Alain-G. Chabaud*.......... 436

— Castration parasitaire de *Pandora albida* (Roding), (*P. inæquivalvis* L.), Mollusque Pélécypode Eulamellibranche, par *Cercaria melanocystea* n. sp., cercaire à grande queue vésiculeuse; par Mlle *Lucie Arvy* et M. *Jean-M. Gaillard*...................... 1074

— Nouveaux essais d'infestation expérimentale de la Ratte par *Trichomonas vaginalis* (Donné, 1837); par MM. *Raymond Cavier* et *Xavier Mossion*...................... 1807

— Voir *Entomologie biologique, Fourmis*.

Pages.

PARTHÉNOGENÈSE. — Voir *Algologie, Entomologie*.

P.A.S. — Voir *Physiologie appliquée*.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — Essai d'utilisation de polyèdres isolés de la Processionnaire du Pin comme méthode de lutte biologique contre cet insecte; par MM. *Émile Biliotti, Pierre Grison* et *Constantin Vago*.............. 206

— Signification pathologique des tumeurs héréditaires de la drosophile (*Drosophila melanogaster* Meig.); par M. *Sabbas Ghelelovitch*...... 208

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — Réactions inflammatoires provoquées expérimentalement dans le foie des Céphalopodes décapodes; par MM. *Antoine Jullien, Jean Cardot, Jean Ripplinger* et Mlle *Denise Claudey*. 456

— Sur la lipémie plasmatique au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde chez le Lapin; par M. *Léon Binet*, Mlle *Michèle Leblanc* et M. *Josef Hrachovec*.......... 467

— Sur la stéatose hépatique au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde chez le Lapin; par MM. *Léon Binet, Josef Hrachovec* et Mlle *Michèle Leblanc*........... 692

— L'importance du biotope est démontrée pour les poissons et leurs parasites par le comportement de captures faites dans un lac, à proximité d'un abattoir; par MM. *Paul Giroud* et *Jean Jadin*...... 686

— Comportement sérologique et isolement de souches néo-rickettsiennes chez des veaux en allaitement; par MM. *Paul Giroud* et *Jean Jadin*......................... 721

— Modifications apportées, *in vitro*, à des combinaisons collagène-mucopolysaccharides par des sels divers; par Mlle *Suzanne Bazin* et M. *Albert Delaunay*................. 1942

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — Nouveaux indices de la réactivité des tissus végétaux dans les processus de cancérisation expérimentale; par M. *Pierre Manigault* et Mlle *Janine Salmon*....................... 173

Pages.
— Sur une maladie nouvelle de l'Artichaut (*Cynara scolymus* L.); par M. *Michel Ridé*................ 174
— Voir *Viticulture*.
Pédologie. — Sur l'origine des savanes de la basse Côte-d'Ivoire; par MM. *Noël Leneuf* et *Georges Aubert*.... 859
— Méthodes permettant le contrôle de la résistance des conditionneurs de sol aux actions microbiennes; par MM. *Stéphane Henin, François Cardey* et *Albert Ræsch*..... 1899
— Voir *Chimie agricole, Mécanique des sols, Montmorillonite, Mycologie.*
Pensée mathématique. — Voir *Épistémologie.*
Peptides. — Voir *Chimie biologique.*
Peroxyde d'azote. — Voir *Physique de l'atmosphère.*
Perspiration. — Voir *Physiologie.*
Pesanteur. — Voir *Géophysique, Métrologie.*
Pétrographie. — Révision de la famille des Niligongites; par M. *Marcel E. Denaeyer*............... 80
— Sur les massifs éruptifs du Jebel Tarfala (Haut Atlas oriental), leurs contacts et leurs enclaves; par M. *Georges Choubert*, Mlle *Anne Faure-Muret* et Mme *Élisabeth Jérémine*........................ 394
— Au sujet des grès de Guettioua et des empreintes de Dinosauriens de la région de l'Oued Rhzef (Atlas marocain); par M. *Georges Choubert*, Mlle *Anne Faure-Muret* et M. *Paul Lévêque*............... 1639
— Sur les Flyschs des Alpes maritimes françaises et italiennes; par Mlle *Anne Faure-Muret*, MM. *Philip H. Kuenen, Marcel Lanteaume* et *Paul Fallot*.................... 1697
— Les carbonatites de la Lueshe (Kivu, Congo belge); par MM. *Pierre de Béthune* et *André Meyer*......... 1132
— Voir *Minéralogie.*
Ph. — Voir *Chimie des radiations.*
Pharmacodynamie. — Activité hypocholestérolémiante et cholérétique sur le Rat des antipodes de l'acide phényléthylacétique (phényl-2 butyrique); par MM. *Joseph Redel, Jean Cottet*, Mme *Jacqueline Salesse* et Mlle *Marie-Élisabeth Tricaud*.. 928
— Sur la synthèse et la toxicité de composés homologues de l'acide folique; par Mlle *Monique De Clercq* et M. *René Truhaut*........ 2172
— Sur la toxicité et la dose médicamenteuse du chlorure stanneux pour le Cobaye, le Lapin et la Souris; par MM. *Robert Deschiens, Didier Bertrand* et *Robert Romand*...... 2178
— Voir *Pharmacologie.*
Pharmacologie. — Constitution chimique et activité anesthésique locale; par MM. *René Giudicelli, Pierre Chabrier* et *Henry Najer*... 108, 1931
— Dissociation par l'atisine de deux réactions réflexes à l'hypertension adrénalique : la bradycardie et la bradypnée; par M. *Raymond-Hamet*........................ 324
— Analyse des effets exercés par la sérotonine sur l'oreillette isolée de Lapin; par Mlle *Jeanne Lévy* et Mme *Estera Michel-Ber*.......... 326
— Mise en évidence de l'action excito-ganglionnaire exercée par la sérotonine sur l'intestin isolé; par Mlle *Jeanne Lévy* et Mme *Estera-Michel-Ber*..................... 989
— Différenciation, sur le duodénum isolé de Rat, des actions inhibitrices exercées par l'atropine vis-à-vis de la transmission synaptique; par Mlle *Jeanne Lévy* et Mme *Estera Michel-Ber*.......... 1691
— Influence de l'estérification par l'acide myristique sur les effets respiratoires de la benzylmorphine; par MM. *Hubert-Yves Cotereau* et *Louis Dhennin*............... 446
— Analogies et différences entre les actions pharmacodynamiques du potassium, du rubidium et du césium; par MM. *René Hazard, Jacques-R. Boissier, Jean Hazard* et Mme *Paule Mouillé*........... 452
— Action anesthésique locale de quelques N-tertio-alcoyl-dialcoylamino-acylamides; par MM. *Jacques-R. Boissier, Charles Malen, Claude Dumont* et *Robert Maugé*........ 529
— Action des isomères de la thiovaline sur la croissance du Rat blanc; par M. *Jacques-R. Boissier*....... 1172
— Sur de nouveaux esters phosphorylés de la choline; par MM. *René Hazard, Jean Cheymol, Pierre Chabrier* et Mme *Abigaël Carayon-Gentil*........................ 2180
— M. *Corneille Heymans* adresse quelques tirages à part de ses travaux de pharmacologie............... 1005
— Voir *Physiologie, Synthèses chimiques.*
Pharmacologie végétale. — Sur quelques propriétés physiologiques

Pages.
d'un remarquable excitant Sud-Américain : le *Piptadenia peregrina* Bentham; par M. *Raymond-Hamet*.......................... 512
— Sur quelques propriétés physiologiques communes à l'*Aconitum Anthora* L. et à l'*Aconitum heterophyllum* Wallich *ex* Hoocker F. et Th.; par M. *Raymond-Hamet*... 1792
— De certaines propriétés physiologiques d'une Apocynacée australienne non encore étudiée pharmacologiquement : le *Melodinus australis* (F. Mueller) Pierre; par M. *Raymond-Hamet*............. 2175
— M. *Roger Heim* présente : « Encyclopédie biologique. XLVII. Traité des plantes médicinales chinoises »; par *Jacques Roi*............... 764
PHASMES. — Voir *Biologie.*
PHÉNOL. — Voir *Complexes moléculaires.*
PHÉNOTRIAZINES. — Voir *Absorption, Composés hétérocycliques, Réactions chimiques.*
PHOSPHORE. — Voir *Chimie biologique.*
PHOSPHORESCENCE. — Voir *Spectroscopie moléculaire.*
PHOTOCONDUCTIBILITÉ. — Photoconductibilité du métaantimoniate de calcium; par MM. *Joseph Janin* et *Louis Cotton*................ 580
— Voir *Photoélectricité.*
PHOTOÉLECTRICITÉ. — Sur un dispositif photoélectrique pour mesures polarimétriques; par M. *Raymond Birebent*...................... 578
— De l'influence du proche infrarouge aux basses températures sur les propriétés des photopiles au sélénium; par M. *Georges Blet*....... 798
— Une anomalie des conductibilités directe et inverse d'une photopile au sélénium refroidie à basse température et réactivée par l'infrarouge; par M. *Georges Blet*....... 1753
— Voir *Métrologie, Nébuleuses.*
PHOTOGRAPHIE. — Voir *Astronomie, Émulsions nucléaires.*
PHOTOMÈTRIE. — Voir *Analyse physico-chimique, Astrophysique.*
PHOTOOXYDE. — Voir *Rubrène.*
PHOTOPILES. — Voir *Photoélectricité.*
PHOTOSPHÈRE. — Voir *Astronomie.*
PHOTOSYNTHÈSE. — Voir *Biophysique, Physiologie végétale.*
PHOTOTROPISME. — Voir *Psychophysiologie.*
PHTANITES. — Voir *Géologie.*
PHTIOCÉROL. — Voir *Chimie biologique.*

Pages.
PHYLLOTAXIE. — Sur les variations phyllotaxiques du *Stapelia hirsuta*; par M. *Lucien Plantefol*.......... 916
— Phyllotaxie du Châtaignier, étude des cas normaux; par M[me] *Madeleine Codaccioni*................ 1056
— Sur la phyllotaxie et la constitution de l'inflorescence chez le *Cleome spinosa* Jacq.; par M. *Moustapha Hadj-Moustapha*................ 1059
PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — Voir *Œnologie.*
PHYSICOCHIMIE DES SOLUTIONS. — Sur une relation simple entre le volume moléculaire et la solubilité dans l'eau des hydrocarbures et dérivés halogénés; par M. *A. Bernard Lindenberg*.................... 2057
PHYSICOCHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — Sur l'utilisation des N-diéthylaminohydroxypropyl-celluloses comme échangeurs anioniques; par MM. *Georges Champetier, Eric Kelecsenyi-Dumesnil, Gilles Montegudet* et *Jean Petit*............. 269
PHYSIOLOGIE. — Recherches pharmacologiques sur les métachronoses audiogènes; par M. *Paul Chauchard* et M[me] *Henriette Mazoué*.. 89
— Le rôle de l'hypertension d'origine mécanique dans la genèse des lésions du système artériolaire chez le Rat; par M. *Jack Baillet*...... 91
— Le pouvoir ostéogène du méso-inositol et la notion de substrat de croissance; par M. *Paul Fournier*. 182
— Sur la transformation des glucides en lipides au cours de l'absorption intestinale chez le Lapin; par MM. *Théophile Cahn* et *Jacques Houget*........................ 407
— Recherches sur l'antagonisme entre les sécrétions antidiurétique et corticosurrénales chez le Chien; étude d'animaux surrénalectomisés à faisceau supra-optico-hypophysaire sectionné; par MM. *Antoine Baïsset, Paul Montastruc* et *Louis-Camille Soula*............ 413
— Le rôle des surrénales et de l'hypophyse dans les variations du taux du glycogène et des lipides hépatiques provoquées expérimentalement chez le Rat par le choc opératoire; par M. *Léon Képinov*...... 187
— Cyanocobalamine (vitamine B_{12}) et indice chronologique vestibulaire; par M. *Georges Mouriquand*, M[me] *Violette Edel* et M[lle] *Renée Chighi-*

Pages.
zola 731
— Protection par l'acide ascorbique contre les troubles du métabolisme du tryptophane en carence B_2; par Mme *Francine Charconnet-Harding* et Mlle *Thérèse Terroine*. 866
— Caractères de la protection exercée par l'acide ascorbique contre la carence B_1; par Mlle *Thérèse Terroine* 968
— Sur le rôle joué par certains métabolites dans la production de l'éosinopénie d'agression; par M. *Alexandre Aschkenasy* 1440
— Variations réflexes de la perspiration palmaire insensible sous l'influence des modifications indirectes de la température cutanée; par M. *Joseph Sivadjian* 1676
— Voir *Biologie, Cardiologie, Entomologie, Hématologie, Histophysiologie, Neurophysiologie, Optique physiologique, Psychophysiologie.*
PHYSIOLOGIE ANIMALE. — Voir *Cardiologie.*
PHYSIOLOGIE APPLIQUÉE. — Action hypoglycémiante et antidiabétique du para-aminobenzène-sulfamido-tertiobutyl-thiodiazol; par M. *Auguste Loubatières* 420
PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — Influences diverses exercées sur la sensibilité du pouvoir de cyclose des cellules foliaires d'*Elodea*; par M. *Robert Pfirsch* 786
— Voir *Caryologie végétale.*
PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS. — Voir *Psychophysiologie.*
PHYSIOLOGIE FLORALE. — Voir *Physiologie végétale.*
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — L'incorporation de $^{14}CO_2$ dans les amino-acides des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum* Berger en photosynthèse; par Mlle *Marie-Louise Champigny* 83
— Observations sur la production d'éthylène par les fleurs et les fruits; par M. *Phan-Chon-Tôn* 171
— Influence de l'intensité lumineuse sur les corrélations entre épicotyle et bourgeons cotylédonaires chez le Pois; par Mlle *Monique Rémy* ... 400
— Rôle des feuilles adultes chez le Pois; par Mlles *Monique Rémy* et *Suzanne Allary* 1663
— Sur les besoins en auxine et les caractères morphologiques externes des cultures de tissu cambial de quelques espèces d'arbres; par M. *Clément Jacquiot* 510
— Pigments chlorophylliens des Bryophytes. Caroténoïdes des Bryates; par M. *Robert Douin* 1051
— Activités des auxines-oxydases dans les fragments de carotte cultivés *in vitro*; par M. *Paul-Émile Pilet* .. 1141
— Un nouveau type de vernalisation chez une plante vivace, la Benoîte, *Geum urbanum* L.; par M. *Pierre Chouard* et Mlle *Marie-Rose Weber*. 1659
— Sur quelques gradients physiologiques dans le limbe foliaire de Betterave; par M. *Philippe Hagène* 1661
— Remarques sur le métabolisme azoté chez *Œnothera biennis* L. avec ou sans vernalisation; par Mme *Claude Picard* 1665
— Au sujet de l'interaction de deux organismes, dont l'un est soumis à des doses inhibitrices d'auxine; par Mlle *Simonne Quintin* 2122
— Voir *Algologie, Germination.*
PHYSIQUE. — Voir *Histoire des Sciences.*
PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — Voir *Radioactivité.*
PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — Voir *Biophysique.*
PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — Interactions électromagnétiques des mésons μ aux grandes profondeurs-création directe de paires d'électrons; par Mme *Madeleine Avan* et M. *Louis Avan* 38
— Spectre énergétique de certaines fonctions aléatoires de la forme ± 1; par Mme *Geneviève Mabboux-Tariel* et M. *Claude Mabboux* 1509
— Voir *Émulsions nucléaires.*
PHYSIQUE CRISTALLINE. — Étude de la diffusion Rayleigh par le quartz en lumière monochromatique; par Mlle *Lucienne Taurel* 1755
PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — Remarques sur les méthodes chimiques de dosage de l'ozone atmosphérique; par M. *Ishtiaq Rasool* et Mme *Arlette Vassy* 298
— Résultats de dosages du peroxyde d'azote atmosphérique; par Mlle *Olga Tanaevsky* 1348
— Nouveau principe pour la détermination expérimentale de la visibilité oblique; par MM. *René Gasnier* et *Étienne Vassy* 2118
PHYSIQUE DES SURFACES. — Étude tensiométrique du démouillage du

Pages.

quartz par le bromure de lauryltriméthylammonium. Application de la méthode à la flottation du quartz par l'oléate de baryum; par Mme *Lina Guastalla*............ 1314

PHYSIQUE DU GLOBE. — Luminosité aurorale produite par des protons de direction quelconque; par Mme *Jeannine Morel-Viard*........... 292

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — Sur certaines hypothèses simplificatrices qui engendrent la notion de conservation de l'énergie dans les domaines où elles sont applicables; par MM. *Paul Renaud, Maurice Joly* et *Dikran G. Dervichian*.................. 24

PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — Mesures d'absorption dans les liquides par interférométrie ultrasonore. Détermination de l'absorption intrinsèque d'une macromolécule en solution; par M. *Roger Cerf* et Mlle *Eva Mayer*................. 148

— Sur la théorie des propriétés hydrodynamiques des solutions de macromolécules en chaînes; par M. *Roger Cerf*..................... 1875

— De la détermination de la viscosité intrinsèque d'un haut polymère en chaîne non ramifiée à partir de la viscosité spécifique de sa solution; par M. *François-A. Abadie-Maumert*................... 1208

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — Base de la théorie cinétique, équation de Boltzmann; par Mlle *Simone Marquet*........................... 1193

— Voir *Mécanique ondulatoire.*

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — Calcul et mesure de la susceptibilité magnétique des carbures alléniques; par MM. *Jean Guy, Jacques Tillieu, Jean Hoarau, Marcel Gaudemar* et *Bernard Gross*............ 34

— Voir *Cellulose.*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — Sur l'excitation et l'ionisation des atomes par émission α; par M. *Fernand Grard.* 777

— Schéma des niveaux du ^{131}Cs; par M. *Hamlet Vartapetian*.......... 1512

— La capture d'électrons L dans la désintégration du cobalt 57; par M. *André Moussa* et Mlle *Andrée Juillard*...................... 1515

— Matérialisation interne dans la transition monopolaire électrique $0^+ \rightarrow 0^+$ dans le ^{90}Zr; par Mlle *Tosiko Yuasa,* Mme *Jeanne Laberrigue-Frolow* et M. *Louis Feuvrais*.......................... 2045

— Voir *Émulsion nucléaire, Rayons γ, Réactions nucléaires, Résonance nucléaire.*

PHYSIQUE THÉORIQUE. — Une démonstration élémentaire des inégalités causales de Wigner; par M. *André Martin*........................ 22

— Introduction des paramètres relativistes de Cayley-Klein dans la représentation hydrodynamique de l'équation de Dirac; par MM. *Georges Jakobi* et *Georges Lochak*..... 234

— Décomposition en paramètres de Clebsch de l'impulsion de Dirac et interprétation physique de l'invariance de jauge des équations de la Mécanique ondulatoire; par MM. *Georges Jakobi* et *Georges Lochak*...................... 357

— Un problème d'états stationnaires en théorie de la double solution; par M. *André Rot*............... 483

— Sur les états stationnaires d'un corpuscule dans une enceinte et la Théorie de la double solution; par M. *André Rot*.................. 1281

— Illustration par un exemple de la forme des fonctions d'ondes singulières de la théorie de la double solution; par M. *Louis de Broglie*.. 617

— La signification du $|\Psi|^2$ pour les états stationnaires dans l'interprétation causale de la Mécanique ondulatoire; par M. *Louis de Broglie*........................ 689

— Effets de polarisation dans la diffusion de Møller des électrons; par MM. *Claude Bouchiat* et *Louis Michel*......................... 642

— Onde de compression dans un fluide contenu dans un tore rigide à section carrée; par M. *Gilbert Karpman*.......................... 770

— Sur une généralisation possible de la théorie des fluides à spin de Weyssenhoff; par MM. *Gilbert Karpman* et *Varadaraja Venkata Raman*.......................... 1284

— Potentiel d'ionisation; interprétation analytique; par M. *Constantin Bedreag*.................... 773

— Étude des termes à plusieurs mésons dans l'équation de Chew et Low; par M. *Roland Omnes*........... 1019

— Introduction du vecteur spin dans le fluide de Weyssenhoff; par M. *Francis Halbwachs*............. 1022

— Nouvelle représentation du fluide à

Pages.
spin relativiste; par M. *Francis Halbwachs*.................... 1098
— Une forme spinorielle des équations de l'électromagnétisme; par M. *Georges Bodiou*............... 1287
— Sur les vibrations collectives d'une structure « en couches » de particules; par M. *Adnan Mouhasseb*.. 1289
— L'influence des termes négligés dans l'approximation de Born et Oppenheimer sur le calcul de l'intensité des bandes infrarouges; par M. *Savo Bratož*................ 1493
— Sur l'équivalence entre information et entropie et sur l'irréversibilité en physique; par M. *Olivier Costa de Beauregard*................. 1728
— Le réalisme de l'espace-temps : sur deux problèmes d'interprétation en mécanique ondulatoire; par M. *Olivier Costa de Beauregard*... 1838
— Voir *Électricité, Magnétisme, Mécanique ondulatoire, Physique mathématique, Relativité, Théorie des champs physiques.*
Piézoélectricité. — Variation du facteur de qualité des cristaux piézoélectriques en fonction de la pression; par M. *Hermann Mayer*. 246
Pigmentation. — Voir *Biologie.*
Pinitol. — Voir *Chimie végétale.*
Pinus laricio. — Voir *Botanique.*
Piptadenia peregrina. — Voir *Pharmacologie végétale.*
Placenta. — Voir *Nutrition.*
Plancton. — Voir *Biologie marine.*
Planètes. — Voir *Astronomie, Astrophysique.*
Plantes médicinales. — Voir *Pharmacologie végétale.*
Plaques minces. — Voir *Électromagnétisme théorique.*
Platine. — Voir *Catalyse.*
Plomb. — Voir *Cristallographie, Géologie, Rayons* γ, *Toxicologie.*
Pluies. — Voir *Radioactivité.*
Point de curie. — Voir *Ferromagnétisme, Magnétisme.*
Pois. — Voir *Physiologie végétale.*
Poissons. — Voir *Biologie générale.*
Polarimétrie. — Méthode de grande sensibilité pour la mesure des pouvoirs rotatoires magnétiques avec des champs alternatifs très faibles; par M. *Jacques Breton*........... 254
— L'action du chlorure de lithium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde sur la vitesse de mutarotation de certains « oses »; par M. *Jacques Nicolle* et Mme *Feiga Weisbuch*... 842
— Voir *Photoélectricité.*
Polarimétrie ultra-hertzienne. — Étude polarimétrique d'un ferrite dans la bande des 2 000 MHz; par MM. *Pierre Loudette* et *André Charru*....................... 251
Polarisation. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés, Chimie théorique, Océanographie physique.*
Polarisation de la lumière. — Voir *Éclipses.*
Polarographie. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés, Thiophène et dérivés, Toxicologie.*
Polissage électrolytique. — Voir *Métallographie.*
Pollen. — Voir *Palynologie.*
Polychlorure de vinyle. — Voir *Cinétique chimique.*
Polygones. — Voir *Chimie théorique.*
Polymérisation. — Voir *Anthracène et dérivés*
Polynomes. — Voir *Algèbre, Analyse mathématique.*
Polypiers. — Voir *Paléontologie.*
Porc. — Voir *Économie rurale.*
Potamologie. — Teneur en calcium des eaux de la Loire; par MM. *Léopold Berthois* et *Edmond Bernus*.. 295
— Déplacement des aires d'envasement dans l'estuaire de la Loire; par M. *Léopold Berthois*........... 1343
— Turbidité des eaux à l'entrée de l'estuaire de la Loire; par M. *Léopold Berthois*.................. 2113
Potassium. — Voir *Chimie agricole, Chimie organique, Cristallographie, Pharmacologie.*
Potentiel. — Voir *Théorie du potentiel.*
Poulet. — Voir *Biologie expérimentale.*
Poumons. — Voir *Cytologie.*
Pouvoir rotatoire magnétique. — Voir *Polarimétrie, Polarimétrie ultra-hertzienne.*
Précipitations. — Voir *Radioactivité.*
Préhistoire. — Nouvelles précisions sur les gisements à « Pebble-Culture » des plages marines soulevées du Quaternaire ancien de Casablanca (Maroc); par M. *Pierre Biberson*....................... 1227
Principe de Rayleigh. — Voir *Séismologie.*
Probabilités (Calcul des). — Sur les théorèmes asymptotiques de Kolmogoroff et Smirnov pour des fonctions de distribution discon-

Pages.
tinues; par M. *Paul Schmid*...... 349
— Voir *Mathématiques, Relativité.*
PROGESTÉRONE. — Voir *Endocrinologie.*
PROGNATHISME. — Voir *Anthropologie.*
PROPANE. — Voir *Chimie physique.*
PROSPECTION GÉOPHYSIQUE. — Voir *Géophysique.*
PROTÉIDES. — Voir *Chimie biologique.*
PROTÉINES. — Voir *Bactériologie, Sérologie.*
PROTIDES. — Voir *Hématologie, Nutrition.*
PROTISTOLOGIE. — Induction de la conjugaison dans des souches non conjugantes de *Paramæcium caudatum*; par M. *Émile Vivier*...... 199
— Sur un *Labyrinthula* de Roscoff; par M. *Marius Chadefaud*............ 1794
PROTON. — Voir *Chimie théorique, Émulsions nucléaires, Physique du globe.*
PSYCOPHYSIOLOGIE. — Variations caractéristiques des réponses sensorielles « associatives » du cortex cérébral du Chat en fonction du degré général d'activation corticale; par MM. *Pierre Buser* et *Pierre Borenstein*............... 93
— Sur l'existence, dans la moelle épinière. de voies nerveuses distinctes pour la commande du frisson; par MM. *Joseph Chatonnet* et *Maurice Tanche*......................... 412
— Rôle complexe des stimuli lumineux dans le comportement de *Blattella germanica*; par M. *Michel Goustard*..................... 418, 1151
— Étude du phototropisme de *Triphæna pronuba* L. (Lépidopt. *phalænidæ*). Mise en évidence d'un seuil minimum de réaction; par M. *Claude Dufay*............... 1153
PYRÉNÉES. — Voir *Tectonique.*
PYRROLE. — Voir *Complexes moléculaires.*

Q

QUARTZ. — Voir *Physique cristalline, Physique des surfaces.*
QUATERNAIRE. — Voir *Géologie.*
QUINOLS. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés.*

R

RADIATIONS. — Voir *Métrologie.*
RADIOACTIVITÉ. — Sur l'existence probable de corps radioactifs inconnus à émission α de très faibles parcours; par M. *René Coppens*... 582
— Sur la radioactivité des « coquins » phosphatés des sables verts albiens de la carrière du plateau de Vassincourt (Meuse); par MM. *René Coppens* et *Yves Coppens*........ 1046
— Radioactivité de l'air et des précipitations; par M. *Hubert Garrigue*. 584
— Dosage de l'actinium par mesure directe du produit en solution; par Mlle *Marguerite Perey*........... 1411
— Id. dans les minerais; par Mlle *Marguerite Perey* et M. *André Hettler*.. 1520
— Sur une méthode rapide d'identification et de mesure d'impuretés radioactives; par M. *Yves Le Gallic*. 1623
RADIOASTRONOMIE. — L'interféromètre à antennes multiples de la Station de Nançay; par MM. *Émile-Jacques Blum, André Boischot* et *Michel Ginat*...................... 19
RADIOBIOLOGIE. — Sur la sensibilisation (inactivation partielle) des bactériophages; par M. *Donald Maxwell*............................ 717
— Décontamination radioactive cutanée par ionophorèse; par M. *Georges Michon*..................... 976
— Efficacité biologique relative du tritium et de divers rayonnements γ; par Mlle *Sylvie Davydoff*.. 1455
— Influence des facteurs nutritifs sur

Pages.

la survie de *Serratia indica* après irradiation γ; par M[lle] *Sylvie Davydoff*.......................... 1683

Radiochimie. — Voir *Carbures d'hydrogène et dérivés.*

Radiocristallographie. — Synthèse et identification d'un oxyde double de tantale et d'uranium; par M[me] *Madeleine Gasperin*............ 1534

Radioélectricité. — L'intensité du dit de Pedersen; par M. *Karl Rawer*.......................... 797

— Détermination de l'impédance série et de la longueur d'atténuation pour un guide d'onde à hélice pour accélérateur linéaire à protons; par M. *Albert Septier*........... 1748

Radiogéologie. — Voir *Uranium.*

Radiophosphore. — Voir *Génétique.*

Radiosensibilité. — Voir *Résonance nucléaire.*

Radiosilicium. — Voir *Hygiène du travail.*

Raisins. — Voir *Chimie végétale, Œnologie.*

Rat. — Voir *Biologie, Cardiologie, Chimie biologique, Endocrinologie, Nutrition, Parasitologie.*

Rayons γ. — Étude du rayonnement γ provenant de la désexcitation du niveau à 8,06 MeV dans ^{14}N; par MM. *Pierre Lehmann, Antoine Lévêque* et *Robert Pick*............ 743

— Mesure de la diffusion élastique des rayons γ de 2,62 MeV dans le plomb, le bismuth et l'uranium; MM. *Philippe Eberhard, Lazare Goldzahl, Eiichi Hara* et *Eugène Alexandre*..................... 1862

— Voir *Chimie des radiations, Radiobiologie, Réactions nucléaires, Résonance nucléaire.*

Rayons X. — Voir *Alliages, Cristallographie, Radioactivité.*

Rayonnement cosmique. — Voir *Géographie.*

Réactions chimiques. — Réarrangements en série hétérocyclique. Synthèse de quelques monocétones dérivées d'alcoyl-10 phénothiazines; par M[lle] *Germaine Cauquil*, M[me] *Éliette Casadevall* et M. *André Casadevall*..................... 159

— Réactions de lithioalcoyl-10 phénothiazines avec l'anhydride carbonique et les sels de lithium d'acides organiques; par M[lle] *Germaine Cauquil*, M. *André Casadevall* et M[me] *Éliette Casadevall*.............. 590

Pages.

— Préparation des α-aminoaldéhydes : le mécanisme de la réaction; par MM. *Albert Kirrmann* et *Jean-Jacques Riehl*................. 808

— Étude cinétique de la réaction de Diels-Alder, avec des philodiènes dissymétriques ramifiés et non ramifiés; par M[me] *Michel Gillois* (*Jeannine Doucet*) et M. *Paul Rumpf*........................ 853

— Voir *Catalyse, Chimie biologique, Chimie organique, Thermocinétique.*

Réaction de Grignard. — Voir *Organomagnésiens* (*Dérivés*).

Réaction de Michael. — Voir *Cétones.*

Réactions nucléaires. — Sur une nouvelle méthode de calcul des sections efficaces des réactions nucléaires provoquées par des rayonnements γ de freinage; par M. *Robert Basile*............... 1759

Réactivité chimique. — Voir *Chimie théorique.*

Réfraction. — Voir *Chimie physique.*

Régénération. — Voir *Biologie expérimentale.*

Régimes. — Voir *Nutrition.*

Relativité. — Définition d'un élément de volume invariant pour un système en mouvement; par M. *Émile Durand*........................ 354

— Définition d'un élément de surface invariant et d'un quadrivecteur unitaire pour une surface en mouvement; par M. *Émile Durand*... 480

— Définition d'un élément de longueur invariant et d'un tenseur antisymétrique qui généralise le vecteur unitaire de la tangente à une courbe, quand cette dernière est en mouvement; par M. *Émile Durand*........................ 570

— Conditions d'intégrabilité du champ électromagnétique singulier; par M. *Michel Cahen*............... 737

— Représentation possible de la théorie des probabilités dans l'espace-temps relativiste (cas d'un seul point aléatoire); par M. *Philippe Leruste*........................ 1021

— Introduction possible à une Mécanique statistique du point aléatoire relativiste; par M. *Philippe Leruste*.......................... 1102

— Sur les coordonnées isothermes en théorie unitaire; par M[me] *Françoise Maurer-Tison*............. 1196

— Sur l'emploi des coordonnées iso-

Pages.

thermes pour déterminer les équations du mouvement en Relativité générale; par M. *Pham Tan Hoang* 1292
— Conditions de conservation pour le tenseur d'impulsion-énergie en théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger; par M. *Pham Tan Hoang*.. 1600
— Voir *Mécanique ondulatoire, Physique théorique.*
RELAXATION PARAMAGNÉTIQUE. — Voir *Semi-conducteurs.*
RÉSERPINE. — Voir *Biologie.*
RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE. — Voir *Électricité.*
RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — Sur la correction d'encastrement dans les essais de flexion; par M. *Paul Le Rolland*, Mme *Élisabeth Plenard* et M. *Pierre Pesenti* 1721
RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — Spectres nucléaires quadripolaires des β, γ et δ hexachlorocyclohexanes; par MM. *Jules Duchesne, André Monfils* et *Joseph Depireux* 144
— Action du rayonnement du Co^{60} sur le γ-hexachlorocyclohexane et considérations sur la radiosensibilité; par MM. *Jules Duchesne, André Monfils* et *Joseph Depireux* 259
— Réversibilité et irréversibilité en résonance nucléaire; par M. *Joseph Seiden* 1201, 1308
— Effet d'impureté en résonance quadrupolaire; par MM. *Bernard Dreyfus* et *Daniel Dautreppe* 1517
RÉSONANCE OPTIQUE. — Voir *Spectroscopie hertzienne.*
RÉSONANCE PARAMAGNÉTIQUE. — Un nouvel effet de l'oxygène sur la résonance paramagnétique des charbons; par MM. *Jean Uebersfeld* et *Edmond Erb* 363
— Saturation et temps de relaxation dans la résonance paramagnétique électronique des charbons de sucre, par MM. *Jean Uebersfeld* et *Edmond Erb* 2043
— Voir *Électromagnétisme.*
RESPIRATION. — Voir *Pharmacologie.*
RIBOFLAVINE. — Voir *Microbiologie.*
RICIN. — Voir *Germination.*
ROBINIA. — Voir *Cytologie végétale.*
ROSCOFF. — Voir *Océanographie physique, Protistologie.*
ROUE AXIALE. — Voir *Aérodynamique des turbomachihes.*
ROUILLES. — Voir *Mycologie.*
ROUTES. — Voir *Mécanique appliquée.*
RUBIACÉES. — Voir *Embryogénie végétale.*
RUBIDIUM. — Voir *Chimie minérale, Pharmacologie.*
RUBRÈNE. — Influence des méthoxyles sur les transformations chimiques du photooxyde rubrénique; par M. *Jacques Perronnet* 65

S

SAHARA. — Voir *Géologie, Paléontologie, Sédimentologie.*
SAINT-ÉTIENNE-DE-TINÉE. — Voir *Géologie.*
SALMO. — Voir *Morphogenèse.*
SALMONELLES. — Voir *Immunochimie.*
SALVÈNE. — Voir *Chimie végétale.*
SAVANES. — Voir *Pédologie.*
SAVONS. — Voir *Cristallographie.*
SCANDIUM. — Voir *Terres rares.*
SCARABÉE. — Voir *Entomologie biologique.*
SCHISTES. — Voir *Géologie.*
SCHLAMMS. — Voir *Minéralogie.*
SÉDIMENTOLOGIE. — Cycles sédimentaires sur un littoral en déformation tectonique; par M. *Jean Pimienta* 168
— Les sables ocreux du Vaucluse; par Mme *Louise Bertrand-Beauvais* et M. *Édouard Roch* 392
— Sur l'âge de la transgression gothlandienne au Sud de l'Anti-Atlas (Maroc); par MM. *Paul Jacquemont* et *Henri Hollard* 75
— Les minéraux argileux des sédiments oligomiocènes du bassin molassique suisse; par M. *Jean-Pierre Vernet* 1129
— Observations sédimentologiques sur l'étang de Leucate; par M. *André Rivière* et Mlle *Solange Vernhet* .. 1134
— Influence d'une embouchure protégée par l'évolution sédimento-

Pages.

logique d'une côte sableuse; par M. *André Rivière* et Mlle *Solange Vernhet*. 1342
— Influence des actions éoliennes sur la morphologie des rivages languedociens, par M. *André Rivière*. . . . 1538
— Modalités du ruissellement saharien et granulométrie des sables (Saouara, Monts d'Ougarta); par Mlle *Henriette Alimen* et Mme *Marguerite Palau*. 1540
— L'Autunien du Nivernais; par MM. *Robert Feys* et *Charles Greber*. . . . 1642
— Recherches expérimentales sur le mode d'usure des graviers; par MM. *Léopold Berthois* et *Jean Portier*. 1778
— Sur l'origine du fer dans les eaux interstitielles des sédiments marins actuels; par MM. *Jacques Debyser* et *Pierre-Eugène Rouge*. 2111
— Voir *Géologie, Géomorphologie, Potamologie.*
SEICHE. — Voir *Pathologie expérimentale.*
SÉISMOLOGIE. — Sur les microséismes produits par certains froits froids à Alger; par M. *Jean Lacaze*. 1219
— Évaluation de la période d'oscillation d'une sphère élastique hétérogène, par application du principe de Rayleigh (vibrations propres de rotation); par Mme *Nelly Jobert*. 1230
— Interprétation des ondes séismiques des explosions des Rochilles (août-septembre 1956); par M. *Pierre Bernard*. 2115
SEL DE SEIGNETTE. — Voir *Spectroscopie moléculaire.*
SÉLÉNIUM. — Voir *Absorption, Optique, Photoélectricité.*
SEMI-CONDUCTEURS. — Théorie de l'effet magnéto-thermoélectrique transversal dans les semi-conducteurs; par M. *Michel Rodot*. 129
— Relaxation paramagnétique spin-réseau dans un semi-conducteur; par MM. *Anatole Abragam* et *Jean Combrisson*. 576
— Relaxation paramagnétique spin-spin dans un semi-conducteur; par MM. *Anatole Abragam* et *Jean Combrisson*. 650
— Propriétés électriques de l'antimoniure d'aluminium; par M. *François Kover*. 648
— Lumière de recombinaison par l'intermédiaire de pièges dans le germanium; par M. *Claude Benoit à la Guillaume*. 704
SÉRIES DE FOURIER. — Voir *Fonctions (Théorie des).*
SÉRIES DE NEUMANN. — Voir *Analyse mathématique.*
SÉROLOGIE. — Sur l'isolement d'une fraction des lipoprotéines sériques après précipitation par l'héparine ou par des héparinoïdes de synthèse; par M. *Meier Burstein*. . . . 527
— Mise en évidence d'antigènes leucocytaires dans le sérum humain normal et dans certains sérums de leucémiques; par M. *Maxime Séligmann*. 531
— Variations des protéines, glyco- et lipoprotéines du sérum de Chien normal selon l'âge (Électrophorèse sur papier); par MM. *Joseph Groulade* et *Paul Groulade*. 611
— Étude humorale de la trypanosomiase expérimentale du Rat; par Mmes *Huguette Fromentin, Marguerite Sandor*, MM. *Georges Sandor* et *Jean Levaditi*. 1077
— Méthode rapide de détection des hémagglutinines irrégulières; par MM. *Jean Fine* et *Jean Moullec*... 1570
— Étude électrophorétique des constituants du sérum de l'Anguille; par Mme *Andrée Drilhon*, MM. *Jean Fine, José Uriel* et Mlle *Françoise Le Bourdelles*. 1802
— Détermination de la fraction responsable de l'action antizymique des sérums vis-à-vis de certaines diastases microbiennes; par MM. *Raoul Kourilsky, Pierre Burtin* et *Rémy Richou*. 1805
— Sur une nouvelle méthode de dosage des β-lipoprotéines sériques par l'héparine; par MM. *Meier Burstein* et *Jean Samaille*. 2185
— Préparation et propriétés du sérum antihyaluronidase; par M. *Jean Loiseleur*. 2187
— Voir *Biophysique, Immunologie, Pathologie expérimentale.*
SÉROTONINE. — Voir *Pharmacologie.*
SEXUALITÉ. — Voir *Biologie expérimentale, Génétique.*
SILICE. — Voir *Hygiène du travail.*
SILICIUM. — Voir *Absorption, Alliages.*
SILICOSE PULMONAIRE. — Voir *Hygiène du travail.*
SILVICULTURE. — Voir *Physiologie végétale.*
SINOMÉNINE. — Voir *Histophysiologie.*

Pages.

SODIUM. — Voir *Alliages*.
SOLANUM. — Voir *Botanique*.
SOLEIL. — Voir *Astronomie*.
SOLS. — Voir *Mécanique des sols*.
SOLVATATION. — Voir *Chimie physique*.
SOMATOTROPHINE. — Voir *Immunologie*.
SOURIS. — Voir *Embryologie, Embryologie expérimentale, Pharmacodynamie*.
SPECTRES RAMAN ET CHIMIE. — Voir *Effet Raman et Chimie*.
SPECTROGRAPHIE. — Voir *Anthracène et dérivés, Chimie biologique, Cristallographie, Physique corpusculaire, Résonance nucléaire*.
SPECTROGRAPHIE HERTZIENNE. — Essai d'interprétation du spectre hertzien du cyclohexanol; par Mme *Lydia Reinisch*....... 1032
SPECTROGRAPHIE INFRAROUGE. — Spectres d'absorption infrarouge des produits d'ozonation de corps organiques non saturés; par MM. *Émile Briner* et *Édouard Dallwigk*...... 630
— Spectres de réflexion infrarouge de quelques titanates; par MM. *Pierre Turlier, Lucien Eyraud* et *Charles Eyraud*....... 659
— Spectres d'absorption infrarouge de quelques stannanes vrais aliphatiques; par Mme *Raymonde Mathis-Noël*, MM. *Michel Lesbre* et *Irénée Sérée de Roch*....... 257
— Voir *Spectroscopie moléculaire*.
SPECTROPHOTOMÉTRIE. — Voir *Chimie végétale*.
SPECTROSCOPIE. — Étude quantitative des variations du spectre d'absorption ultraviolet des cétones saturées aliphatiques en fonction de la structure : calcul de la longueur d'onde du maximum; par MM. *Pierre Maroni* et *Jacques-Émile Dubois*....... 138
— *Erratum*....... 996
— Sur les spectres de luminescence à la température de l'azote liquide de diverses lames de Cu I et leur comparaison avec les spectres d'absorption attribués à la formation d'exciton des mêmes lames; par M. *René Reiss*....... 902
— Spectre Raman et structure de la phase IV du nitrate d'ammonium; par Mlle *Denise Penot*, MM. *Henri Poulet* et *Jean-Paul Mathieu*....... 1303
— Analyse des bandes de NH_2 observées dans la partie visible du spectre de l'ammoniac, à partir de l'étude des spectres de comètes; par M. *Paul Proisy*....... 1305
— Étude des bandes 7 620 et 6 880 Å du spectre de l'oxygène pur comprimé jusqu'à 5 000 kg/cm²; par MM. *Jean Robin, Marcel Desmaret* et *François Ubelmann*....... 1750
SPECTROSCOPIE HERTZIENNE. — Effet des fluctuations de pente sur la sensibilité des autooscillateurs; par M. *Maurice Buyle-Bodin*....... 1618
— Sur la cohérence du phénomène de diffusion multiple de la lumière en résonance optique; par Mlle *Marie-Anne Guiochon*, MM. *Jacques-Émile Blamont* et *Jean Brossel*....... 1859
— Effet Stark du niveau 6^3P_1 de l'atome de mercure; par MM. *Jacques-Émile Blamont* et *Jean Brossel*....... 2038
— Orientation optique d'atomes de cæsium dans la vapeur saturante; par MM. *André Blandin* et *Jean-Pierre Barrat*....... 2041
— Passage du domaine hertzien à l'infrarouge et de l'infrarouge au hertzien; par MM. *Paul Abadie, Robert Charbonnière, Auguste Gidel, Pierre Girard* et *André Guilbot*....... 1110
— *Errata*....... 1970
SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — Origine de la phosphorescence de courte durée de la molécule N_2; par MM. *Louis Herman, Albert Salmona* et *Georges Lucas*....... 1029
— Nouveau système de bandes d'émission de la molécule He_2 vers 4 700 cm^{-1}; par MM. *Georges Hepner* et *Louis Herman*....... 1504
— Étude des spectres d'absorption infrarouge de l'acide sulfamique ordinaire, de l'acide sulfamique lourd et de leurs sels; par Mme *Thérèse Dupuis*....... 1621
— Sur le calcul des intensités dans les spectres de bandes des molécules diatomiques (cas de l'oscillateur harmonique); par M. *Jean Ruamps*....... 2034
— Déshydratation du sel de Seignette étudiée par spectrométrie infrarouge; par M. *Michel-Pierre Bernard*....... 2036
SPERMATOGENÈSE. — Voir *Cytologie*.
SPERMOPHILE. — Voir *Cardiologie*.
SPHÉNOPTÉRIDÉES. — Voir *Paléobotanique*.
SPIN. — Voir *Physique théorique*.
SQUELETTE. — Voir *Anatomie*.

Pages.

STANNANES. — Voir *Spectrographie infrarouge.*
STAPHYLOCOQUE. — Voir *Microbiologie.*
STAPHYLOPORA. — Voir *Paléontologie.*
STATISTIQUE. — Sur une propriété des distributions statistiques des durées de vie à la fatigue; par M. *François Bastenaire*......... 1270
— Exhaustivité de l'énergie totale d'un système en équilibre, pour l'estimation de sa température; par M. *Benoit Mandelbrot*.......... 1835
— Voir *Thermodynamique.*
STÉRÉOISOMÈRES. — Voir *Chimie organique.*
STOMATOGENÈSE. — Voir *Biologie.*
STRATIGRAPHIE. — M. *Pierre Pruvost* fait hommage de six fascicules du « Lexique stratigraphique international »...................... 1383
— Voir *Géologie, Géomorphologie.*
STRATOSPHÈRE. — Voir *Géographie.*
STRUCTURE CRISTALLINE. — Localisation des groupes hydroxyles de l'acide tartrique droit cristallisé, par absorption infrarouge; par Mlle *Élisabeth Drouard*.......... 370
STRYCHNINE. — Voir *Neurophysiologie.*
SUCRES. — Influence du solvant sur la mutarotation des sucres : Action comparée des alcools méthylique, éthylique, propylique et isopropylique; par Mme *Andrée de Grandchamp-Chaudun*................ 321
— Voir *Biologie végétale, Chimie végétale, Résonance magnétique.*
SUISSE. — Voir *Sédimentologie.*
SULFAMIDES. — Voir *Physiologie appliquée.*
SULFITE. — Voir *Biochimie.*
SULFURES. — Voir *Terres rares.*
SULFURE DE NICKEL. — Voir *Chimie minérale.*
SULFURE DE ZINC. — Voir *Chimie physique.*
SURFACES. — Voir *Physique des surfaces.*
SUSCEPTIBILITÉS MAGNÉTIQUES. — Voir *Magnétisme, Physique moléculaire.*
SYMPHYLES. — Voir *Biologie, Histologie.*
SYNTHÈSES CHIMIQUES. — Synthèse d'acides benzacridine-mésocarboniques; par M. *André Martinet*... 278
— Synthèses à partir du péridiaminonaphtacène; par MM. *Charles Dufraisse, André Étienne* et *Bernard Rütimeyer*................ 878
— Synthèse de quinolyl-4 carbinols substitués; par MM. *Raymond Delaby, Georges Tstatsas* et *Xavier Lusinchi*....................... 2082
— Sur quelques iodocoumarines nouvelles; par MM. *N. P. Buu-Hoï, T. Ba Loc* et *N. Dat Xuong*..... 1126
— Voir *Acides organiques, Minéralogie, Radiocristallographie, Réactions chimiques.*
SYSTÈMES BINAIRES. — Voir *Chimie minérale.*
SYSTÈMES CHIMIQUES. — Aspects cinétiques de l'évolution du système cérium-hydrogène; par MM. *Halim J. Albany* et *Rodolphe Viallard*... 948
— Sur la conductibilité électrique du système cérium-hydrogène; par MM. *Joseph Daou* et *Rodolphe Viallard*....................... 2050
SYSTÈME GIORGI. — Voir *Unités.*
SYSTÈMES NON LINÉAIRES. — Voir *Électronique.*
SYSTÈMES ORTHOGONAUX. — Voir *Géométrie différentielle.*

T

TABAC. — Voir *Biochimie.*
TACHES SOLAIRES. — Voir *Astronomie.*
TANEZROUFT. — Voir *Géophysique.*
TANTALE. — Voir *Aluminium, Radiocristallographie.*
TAXINOMIE. — Voir *Lichénologie.*
TECTONIQUE. — Présence de Dévonien dans le massif de l'Ouarsenis (département d'Alger); par M. *Maurice Mattauer*................. 73
— Sur la tectonique de l'Aïr (Niger, A. O. F.); par M. *Maurice Raulais*. 291
— Tectonique des environs d'Angoulême; par M. *André Chassin*..... 912
— M. *Pierre Pruvost* présente : « La constitution géologique et la structure des Antilles »; par *Jacques Butterlin*. Préface de *Louis Barrabé*.......................... 1262
— Tectonique de la vallée de la Moselle

Pages.
entre Metz et Thionville; par M. *Nicolas Théobald*........... 1536
— Jurassique supérieur et Néocomien dans les Pyrénées centrales et orientales; par MM. *Marcel Casteras, Michel Arnould, Pierre-Félix Burollet, Bernard Clavier* et *Philippe Dufaure*................. 2104
— Voir *Géologie, Sédimentologie.*
TÉLÉOSTÉENS. — Voir *Neurologie.*
TEMPÉRATURE. — Voir *Thermodynamique.*
TERATOLOGIE. — Polymorphisme de l'anomalie E chez *Rana temporaria* L.; par M. *Jean Rostand*... 973
— Sur la fréquence relative de la monstruosité double et le degré d'instabilité de l'orientation de l'œuf dans l'utérus, chez différents Oiseaux; par MM. *Pierre Vintemberger* et *Jean Clavert*.......... 2149
TERRES RARES. — Préparation de scandium métallique pur en lingots par calciothermie; par MM. *Jean-Claude Achard, Paul Caro* et *Jean Loriers*........................ 493
— Sur les propriétés magnétiques de l'europium métallique (Étude préliminaire); par M[lle] *Charlotte Henry la Blanchetais* et M. *Félix Trombe*........................ 707
— Sur les sulfures d'ytrium; par M. *Jean Flahaut* et M[lle] *Micheline Guittard*...................... 1210
— Sur les sulfures et le polysulfure de cérium; par M. *Jean Flahaut* et M[lle] *Micheline Guittard*......... 1419
— Étude des combinaisons des oxydes des terres rares avec l'alumine et la galline; par MM. *Félix Bertaut* et *Francis Forrat*............. 1219
— Propriétés magnétiques des ferrites de terres rares $5Fe_2O_3$, $3M_2O_3$, avec $M = Tb$, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Résultats expérimentaux; par M. *René Pauthenet*.... 1499
— Interprétation des propriétés magnétiques des ferrites $5Fe_2O_3.3M_2O_3$ avec $M = Y$, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu; par M. *René Pauthenet*..................... 1737
— Sur les sulfures et polysulfures des terres rares cériques; par M. *Marius Picon* et M[me] *Madeleine Patrie*......................... 1769
— Sur les sulfures de terres rares cériques S_4Me_3; par MM. *Marius Picon* et *Jean Flahaut*.......... 2074

Pages.
TÉTRAPODES. — Voir *Théorie des champs physiques.*
THÉORÈME DE BABINET. — Voir *Électromagnétisme théorique.*
THÉORÈME DE FERMAT. — Voir *Arithmétique.*
THÉORIE DE DIRAC. — Voir *Physique théorique.*
THÉORIE D'EINSTEIN. — Voir *Relativité.*
THÉORIE DE LA DOUBLE SOLUTION. — Voir *Physique théorique.*
THÉORIE DES CHAMPS PHYSIQUES. — Champs de tétrapodes; par M. *Alix Aymard*.................. 885
— Les équations de l'électron magnétique déduites de la théorie des champs de tétrapodes; par M. *Alix Aymard*....................... 1100
— Les équations de l'électron magnétique déduites de la théorie des champs de tétrapodes; par M. *Alix Aymard*....................... 1198
— Voir *Mécanique ondulatoire, Relativité.*
THÉORIE DES JEUX. — Sur une Note de Farquharson; par MM. *Martin Beale* et *Michael Drazin*........ 123
THÉORIE DU POTENTIEL. — Aspects linéaires de la théorie du potentiel. Théorème de dualité et applications; par MM. *Gustave Choquet* et *Jacques Deny*.............. 764
— Sur l'allure à la frontière des fonctions harmoniques positives; par M[lle] *Linda Naïm*............. 1266
— Voir *Fonctions (Théorie des).*
THERMISTANCES. — Voir *Électricité.*
THERMOCHIMIE. — Voir *Aérothermodynamique, Chimie générale, Chimie physique.*
THERMOCINÉTIQUE. — Contribution à l'étude de la répartition des températures et des pertes de chaleur dans le sol en régime permanent; par M. *Pierre Destable*.......... 28
— Sur la conductibilité thermique des gaz et des vapeurs; par MM. *Constantin Slăceanu* et *Stelian Bojin*... 237
— Étude de la convection forcée de la chaleur, avec libération d'énergie calorifique par réaction chimique dans la couche limite; par MM. *Gustave Ribaud* et *Pierre Valentin*. 463
— M. *Gustave Ribaud* fait hommage d'un Mémoire de *Pierre Vernotte* : « Calcul numérique, Calcul physique, Application à la Thermocinétique », dont il a écrit la Préface....................... 1984

Pages.

THERMODIFFUSION. — Potentiel thermoélectrique stationnaire dans les solutions ioniques en équilibre Soret; par M. *Jacques Chanu*.... 239

THERMODYNAMIQUE. — M. *Georges Darrieus* présente : « La Thermodynamique et le théorème de l'énergie utilisable »; par M. *Raymond Marchal*................ 12

— Influence d'un champ électrique sur la température de transition des transformations du premier et deuxième ordre; par Mme *Lydia Reinisch*...................... 30

— Essais de perfectionnement des appareils à distillation solaire; par MM. *Jean Savornin* et *Georges Lejeune*...................... 32

— Congélation orientée de l'eau surfondue sur des surfaces cristallines : 1° Cas du mica muscovite; par MM. *Jean Jaffray* et *Robert Montmory*.................... 126

— Id. Cas de l'iodure de plomb PbI_2; par MM. *Jean Jaffray* et *Robert Montmory*.................... 891

— Chaleurs de fusion des fluorures alcalins et alcalino-terreux; par M. *Georges Petit* et Mlle *Annette Crémieu*...................... 360

— Théorie statistique des effets osmotiques; par M. *Georges Petit*..... 485

— Détermination de la viscosité de l'azote comprimé jusqu'à 3 000 kg/cm²; par MM. *Flavien Lazarre* et *Boris Vodar*......... 487

— Conductibilité thermique des mélanges d'air et de gaz carbonique; par M. *André Dognin*.......... 840

— Sur la validité générale des relations réciproques de Gibert-Onsager; par M. *Maurice Dodé*........... 888

— Bases fondamentales et applications de la Thermodynamique chimique. Tome I. Les principes, les systèmes idéaux gazeux et avec phases condensées pures. Fascicule I; par M. *Maurice Dodé* (imp.)......................... 1704

— Voir *Aérothermodynamique, Statistique.*

THERMOÉLASTICITÉ. — Analyse thermoélastique des transformations du titane; par MM. *Albert Portevin* et *Robert Cabarat*............. 1085

THERMOÉLECTRICITÉ. — Voir *Semiconducteurs, Thermodiffusion.*

THIAZOL ET DÉRIVÉS. — Voir *Physiologie appliquée.*

Pages.

THIOL. — Voir *Complexes moléculaires.*

THIOPHÈNE ET DÉRIVÉS. — Préparations et propriétés des aldéhydes et des cétones nitrés dérivés du thiophène; par MM. *Jean Tirouflet* et *Pierre Fournari*................ 61

— Sur la polarographie des nitrothiophènes substitués; par MM. *Jean Tirouflet* et *Jean-Paul Chané*.... 500

THIOVALINE. — Voir *Pharmacologie.*

THORIUM. — Voir *Émission thermoionique.*

THYROÏDE. — Voir *Endocrinologie.*

THYRONINE. — Voir *Chimie biologique.*

THYROXINE. — Voir *Endocrinologie.*

TIBIA. — Voir *Biologie expérimentale.*

TITANE. — Voir *Métallographie, Spectrographie infrarouge, Thermoélasticité.*

TOPOLOGIE. — Sur les espaces feuilletés : théorème de stabilité; par MM. *Charles Ehresmann* et *Shih Weishu*. 344

— Sur l'extension du groupe structural d'un espace fibré; par M. *André Haefliger*...................... 558

— Voir *Géométrie différentielle.*

TOURBILLONS. — Voir *Hydraulique.*

TOURMALINE. — Voir *Minéralogie.*

TOXICOLOGIE. — Sur la toxicité à long terme, dite toxicité chronique; par MM. *René Fabre* et *René Truhaut*...................... 541

— Microdosage polarographique du plomb dans les milieux biologiques; par MM. *René Fabre*, *René Truhaut* et *Claude Boudène*. 624

— Sur la toxicité des acides et diéthylamides de la série vanillique; par M. *Fernand Caujolle*, Mlle *Denise Meynier* et M. *Jean-Marie Farthouat*......................... 609

— Toxicité du monohydrotriéthylétain et du monohydrotripropylétain à l'égard de la Souris et du Lapin; par MM. *Fernand Caujolle, Michel Lesbre*, Mme *Denise Meynier* et M. *Gilbert de Saqui-Sannes*...... 987

— Sur la toxicité des aldéhydes phtaliques; par M. *Fernand Caujolle*, Mlles *Denise Meynier, Paule Auriac Sophie Frajdenrach* et M. *Laury Troplent*................ 1933

— Sur une méthode de dosage automatique et instantanée de l'oxyde de carbone dans le sang; par MM. *Pierre Giacomo, Marcel Guillot* et *Pierre Jacquinot*...... 985

— Voir *Aranéides, Chimie physiolo-*

Pages.

gique, Pathologie expérimentale, Pharmacologie végétale.

TRANSFORMATIONS DE LAPLACE. — Voir *Analyse mathématique.*

TRICHOMONAS VAGINALIS. — Voir *Parasitologie.*

TRIOLS. — Voir *Esters [Éthers].*

TRIPHÉNÉTHYNYLCARBINOL. — Voir *Chimie organique.*

TRITIUM. — Voir *Radiobiologie.*

TRYPANOSOMIASE. — Voir *Sérologie.*

TRYPTOPHANE. — Voir *Algologie, Physiologie.*

TUMEURS. — Voir *Pathologie des insectes.*

TUNGSTÈNE. — Voir *Minéralogie.*

TUNISIE. — Voir *Géologie.*

TURBOMACHINES. — Voir *Aérodynamique des turbomachines.*

TURBULENCE. — Voir *Mécanique des fluides.*

TYPHOÏDE. — Voir *Antibiotiques, Bactériologie.*

U

ULTRASONS. — Voir *Physique macromoléculaire.*

ULTRAVIOLET. — Voir *Absorption, Analyse physicochimique, Océanographie physique, Spectroscopie.*

UNITÉS. — M. *Georges Darrieus* fait hommage d'un Ouvrage de M. *André Ferry* : « Grandeurs et Unités. Exposé critique des principaux systèmes. Système Giorgi », dont il a écrit la Préface........ 881

URANIUM. — Sur l'influence de la structure d'une résine échangeuse de cations dans la séparation uranium-uranium X; par MM. *Roger Lumbroso* et *Jean Petit*......... 145

— Sur la présence de vanadates d'urane dans certaines formations filoniennes de Sidi-Ayad (massif primaire d'Aouli, Maroc central); par M. *Jean-René Leconte*........... 1650

— Présence d'uranium dans quelques gîtes de manganèse dans les Vosges méridionales et centrales; par M. *Georges Jurain*................ 1044

— Sur l'existence probable d'un gisement uranifère dans la région de Neualm (Tauern de Schladming, Autriche); par MM. *Jacques Avias* et *René Coppens*............... 1647

— *Erratum* relatif au prénom de M. *Coppens*...................... 2196

— Voir *Métallographie, Radioactivité, Radiocristallographie, Rayons γ.*

URINES. — Voir *Biochimie.*

URTICACÉES. — Voir *Embryogénie végétale.*

UTÉRUS. — Voir *Endocrinologie, Nutrition.*

V

VANILLINE. — Voir *Toxicologie.*

VARIOLE. — Voir *Virologie.*

VAUCLUSE. — Voir *Sédimentologie.*

VEAUX. — Voir *Pathologie expérimentale.*

VÉGÉTATION. — Voir *Cartographie.*

VÉHICULES. — Voir *Mécanique appliquée.*

VENIN. — Voir *Aranéides.*

VENTS. — Voir *Sédimentologie.*

VÉNUS. — Voir *Astrochimie.*

VERNALISATION. — Voir *Physiologie végétale.*

VERRES. — Voir *Optique.*

VERS. — Voir *Endocrinologie.*

VINCAMÉDINE. — Voir *Alcaloïdes.*

VINS. — Voir *Œnologie.*

VIROLOGIE. — Hépatite spontanée à virus, associée chez l'embryon de Poulet à la leucose érythroblastique; par M. *Pascou Atanasiu*... 719

— Culture du virus de la variole sur cultures de tissus; par MM. *André Boue* et *Marcel Baltazard*........ 1176

— Voir *Fièvre aphteuse, Génétique.*

VISCOSITÉ. — Voir *Aérodynamique, Chi-*

Pages.
mic physique, *Mécanique des fluides, Thermodynamique.*
VISUALISATION. — Voir *Mécanique des fluides.*
VITAMINES. — Biosynthèse de la vitamine A chez *Gambusia holbrooki,* Grd; par MM. *René Grangaud, Pierre Vignais,* Mlle *Renée Massonet* et M. *Jean-Pierre Moatti*... 1170
— Voir *Physiologie.*
VITICULTURE. — Variation des symptômes de la dégénérescence infectieuse de la Vigne. Interprétation d'expériences de transmission de la maladie par greffage; par M. *André Vuittenez*........ 515
VOACANGA. — Voir *Alcaloïdes.*
VOILES MINCES. — Voir *Mécanique.*
VOLCANOLOGIE. — Voir *Magnétisme terrestre, Pétrographie.*
VOSGES. — Voir *Uranium.*

W

WILLÉMITE. — Voir *Minéralogie.*

Y

YTTRIUM. — Voir *Terres rares.*

Z

ZINC. — Voir *Chimie physique, Ferromagnétisme, Métallographie.*
ZIRCONIUM. — Voir *Métallographie, Physique nucléaire.*
ZOOLOGIE. — M. *Umberto d'Ancona* adresse ses Ouvrages : « Elementi di Biologia generale » et « Trattato di Zoologia », et une collection de tirages à part de ses travaux de Zoologie........ 830
— Voir *Aranéides, Faune de France, Ichtyologie.*

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

ACADÉMIE. — M. *Georges Chaudron* signale la présence de M. *Nil Ratan Dhar*........ 5
— MM. *Umberto d'Ancona* et *Paul Brien* élus Correspondants pour la Section de Zoologie, adressent leurs remercîments........ 12
— M. *Pierre Dangeard* adresse des condoléances à l'occasion de la mort de M. *Auguste Chevalier*... 117
— M. le *Président* souhaite la bienvenue aux Membres d'une délégation

Pages.

scientifique de l'U. R. S. S. conviés à venir visiter des centres scientifiques français ... 217

— M. *Abilio Fernandes,* élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse ses remercîments.. 222

— M. *Maurice Fréchet* est introduit en séance ... 461

— M. *Louis Hackspill* signale la présence de Mlle *Ellen Gleditsch* ... 541

— M. le *Président* celle de M. *Jean Giaja* ... 617

— M. *Roger Heim* celle de MM. *William Robbins* et *Jacques Rousseau* et M. le *Président* celle de M. *Adrien Pouliot* ... 793

— M. *Jacques Hadamard* celle de M. *Grigore C. Moisil* ... 829

— M. *Gaston Julia* celle de MM. *Murray Protter* et *Gabor Szegö.* M. le *Président* celle de M. *Dmitri Ivanenko.* 877

— M. *André Danjon* celle de plusieurs Membres du Comité international des Poids et Mesures ... 929

— M. le *Secrétaire perpétuel* signale que le tome 239 (juillet-décembre 1954) des « Comptes rendus » est en distribution au Secrétariat ... 1090

— MM. *Léon Binet* et *Robert Courrier* sont délégués aux Cérémonies du Souvenir organisées par la *Fédération Nationale des Médecins du Front,* le 11 novembre à la Faculté de Médecine de Paris et le 18 novembre, au Val-de-Grâce, à Paris ... 1262

— M. *Raoul Combes* signale la présence de M. *Frits Went,* et M. *Roger Heim* celle de M. *Pierre Martens.* 1373

— M. *Eugène Darmois* celle de M. *Mahmoud Hessaby* ... 1465

— M. *K. M. Bykov,* Directeur de l'Institut de Physiologie de Leningrad, adresse des condoléances à l'occasion de la mort de M. *André Mayer* ... 1587

— M. *Arnaud Denjoy* signale la présence de M. *Salomon Lefschetz* ... 1697

— M. le *Président* signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 5 décembre, au lieu du lundi 3, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques. 1697

— M. *Pol Swings,* élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse ses remercîments ... 1705

— M. le *Président* signale que la séance du lundi 17 décembre sera la dernière de l'année 1956 ... 1813

— M. *Paul Montel* est élu vice-président pour l'année 1957 ... 1817

— Allocution de M. *Léon Binet* en la séance annuelle des prix ... 1949

— M. *Théodore de Kármán* signale la présence de M. *Antonio Ferri* ... 1973

B

BIBLIOGRAPHIES. — Essai bibliographique sur l'œuvre et la correspondance d'Auguste Laurent, précédé d'une Note sur Laurent et Gerhardt; par *Jean Jacques* (imp.) ... 222

— Analyse de l'Ouvrage de *Denis I. Duveen* et *Herbert S. Klickstein* : A bibliography of the works of Antoine-Laurent Lavoisier; par *W. A. Smeaton* (imp.) ... 796

BIOGRAPHIES. — Frédéric Riesz, 1880-1956 (imp.) ... 1005

BOURSES. — Le *British Council* en France offre des bourses d'études en Grande-Bretagne pour l'année scolaire 1957-1958 ... 1587

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE. — 116, 330, 459, 539, 724, 756, 792, 828, 875, 1178, 1255, 1372, 1463, 1693, 1945 ... 1971

BUREAU DES LONGITUDES. — M. le *Ministre de l'Éducation Nationale* invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire, vacante par la mort de M. le Général *Tilho.* 12

— Liste de candidats à cette place : 1° M. *Guillaume Grandidier*; 2° M. *Pierre Tardi* ... 1181

— M. *Louis de Broglie* dépose sur le Bureau la « Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs pour l'an 1958 » ... 471

— Id. l' « Annuaire pour l'an 1957, avec un supplément pour l'an 1958 » ... 1983

C

Pages.

CAISSE NATIONALE DES LETTRES. — M. *Paul Montel* est délégué dans le Comité de direction.......... 1818

CANDIDATURES. — MM. *Jacques Bourcart* et *André Gougenheim* posent leur candidature à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*......... 1005

— MM. *Roger Brard* et *Jean Vignal* font de même................ 1091

— Liste de candidats à cette place : 1° M. *André Gougenheim*; 2° MM. *Jacques Bourcart*, *Roger Brard*, *William Loth* et *Jean Vignal*.... 1693

— M. *Marc Simonnet* pose sa candidature à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*..... 1091

— M. *Henri Simonnet* fait de même... 1818

— M. *Jean Dufrénoy* fait de même... 1984

— M. *Gaston Delépine* pose sa candidature à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.............. 1182

— MM. *Jean-Lucien Andrieux*, *Pierre Dangeard* et *Léon Moret* font de même........................ 1262

— Liste des candidats à cette place : 1° M. *Gaston Delépine*; 2° MM. *Jean-Lucien Andrieux*, *Pierre Dangeard*, *Gabriel Foëx*, *Henri Milloux* et *Léon Moret*. A ces noms, l'Académie adjoint celui de M. *Henri Besairie*................ 1575

CENTENAIRES. — Voir *Solennités scientifiques*.

COMITÉ CONSULTATIF DU LANGAGE SCIENTIFIQUE. — L'Académie adopte plusieurs suggestions du Comité consultatif du Langage scientifique........................ 114

COMITÉ NATIONAL DE LA CHIMIE. — M. *Charles Dufraisse* adresse le Rapport annuel de ce Comité.... 545

COMITÉ NATIONAL DES SCIENCES PHYSIOLOGIQUES. — Ce Comité est ainsi constitué : pour représenter l'Académie : MM. *Paul Portier*, *Léon Binet*, *Robert Courrier*, *Henri Hermann*; pour représenter le Centre national de la recherche scientifique : MM. *Alexander Monnier*, *Émile-F. Terroine*, *Louis Bugnard*, *Henri Laugier*; pour représenter l'Association des Physiologistes : MM. *Daniel Cordier*, *Alfred Fessard*, *Louis Hedon*, *Camille Soula*.................... 329

COMMISSIONS ACADÉMIQUES. — MM. *Louis de Broglie*, *Gaston Julia*, *Gustave Ribaud*, *Louis Blaringhem*, *Paul Pascal*, *Paul Fallot* sont élus Membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.. 1262

COMMISSIONS ADMINISTRATIVES. — MM. *Albert Caquot* et *Gabriel Bertrand* sont réélus Membres de ces Commissions...................... 1817

COMMISSION DU CONTRÔLE DE LA CIRCULATION MONÉTAIRE. — M. le *Ministre des Affaires économiques et financières* invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie de cette Commission pour une période de trois ans, en remplacement de MM. *Marcel Delépine* et *Paul Lebeau*........ 1705

— MM. *Marcel Delépine* et *Paul Lebeau* sont réélus.................. 1818

CONFÉRENCES. — Voir *Congrès*.

CONGRÈS. — M. *Georges Poivilliers* est délégué au 8e Congrès international de Photogrammétrie, à Stockholm du 17 au 26 juillet 1956. 12

— Constitution de la délégation française au 9e Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles, du 5 au 13 septembre prochain..................... 216

— MM. *René Thiry*, *André Auriol* et *Théodore Vogel* sont adjoints à cette délégation............... 755

— M. *Joseph Pérès* rend compte de ce 9e Congrès.................... 829

— Constitution de la délégation française au 15e Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne, du 9 au 16 septembre prochain..................... 216

Pages.
— M. *René Fabre* rend compte de ce Congrès à Lisbonne............ 830
— L'Académie est informée du 4e Congrès international des Communications, à Gênes, du 7 au 12 octobre 1956.................... 545
— La 44e Session de l'Indian Science Congress se tiendra à Calcutta du 14 au 20 janvier 1957....... 635
— Un Symposium international pharmacologique et clinique sur les substances psicotropes aura lieu, à Milan, en mai 1957........... 635
— M. *Albert Pérard* présente l'Ouvrage : « 5e Congrès international de Chronométrie. Procès-verbaux et Mémoires », recueillis par *Paul Libessart* et présentés par *René Baillaud*...................... 735
— Le 6e Congrès international de la Science du Sol se réunira à Paris à partir du 29 août 1956........ 735
— Le 5e Congrès international pour l'étude du Quaternaire aura lieu, à Madrid et à Barcelone, du 20 septembre au 3 octobre 1957...... 735
— Un Congrès national des Sciences médicales se tiendra à Bucarest, du 25 au 30 novembre 1956..... 830
— Ce Congrès aura lieu du 5 au 11 mai 1957................... 1985
— M. *Arnaud Denjoy* rend compte du Congrès de Mathématiques à Vienne, du 17 au 23 septembre 1956......................... 877
— Le IXe Pacific Science Congress aura lieu à Bangkok (Thaïland), entre le 18 novembre et le 9 décembre 1957, l'Académie y est invitée........................ 1182
— Une Journée d'étude sur la rentabilité de la Recherche se tiendra au Palais de la Découverte, à Paris, le 7 novembre 1956....... 1383
— Le 7e Congrès international du Cancer se tiendra à Londres, du 6 au 12 juillet 1958............ 1587
— M. *Louis de Broglie* présente le « 5e Congrès mondial de l'Alliance française » qui contient le discours prononcé par lui............... 1704
— L'Académie est informée : 1° de la réunion d'un Colloque international consacré à l'étude des *problèmes physiques de la Télévision en couleurs*, à Paris, du 2 au 6 juillet 1957; 2° d'un « International Symposium on isotope Separation », à Amsterdam, du 23 au 27 avril 1957.............. 1706
— Id. d'une « International Conference on Scientific Information », à Washington, en 1958............... 1818
— Voir *Fer, Institut international de Statistique.*
CORRESPONDANCE. — Voir *Bibliographies.*

D

DÉCÈS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS. — De M. *Léon Bérard*......................... 793
DÉCRETS. — Approuvant l'élection de M. *Maurice Fréchet* en remplacement de M. *Émile Borel*, décédé. 461
DICTIONNAIRES. — Lexique technique français-anglais et anglais-français; par *Guy Malgorn* (imp.).. 1383
— Allemand-français et français-allemand. Vocabulaire technique, électricité, radio et éclairagisme; par *Émile François* (imp.).......... 1985
— Voir *Stratigraphie.*

E

ÉCOLE POLYTECHNIQUE. — M. *Albert Caquot* est désigné à nouveau pour faire partie du Conseil de perfectionnement pendant les trois prochaines années scolaires......... 830
ÉLECTIONS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS. — De M. *Pol Swings* en remplacement de M. *Eugène Delporte*, décédé................ 1467
— De M. *Gaston Delépine* en rempla-

Pages.
cement de M. *Henri Devaux*, décédé........................ 1586
— Rectification au scrutin........... 1705
— De M. *Roger Brard* en remplacement de M. *Jean Tilho*, décédé....... 1705
ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR. — Le *Directeur général* signale la publication d'une nouvelle « Revue de l'Enseignement supérieur »........... 1706
ERRATA. — 688, 827, 928, 996, 1371, 1576, 1970.................... 2196

H

HISTOIRE DES SCIENCES. — Benjamin Franklin a-t-il inventé le paratonnerre ?; par *Jean Torlais* (imp.). 12
— Quelques nouveaux documents sur *Jean-Sylvain Bailly*; par *Roger Hahn* (imp.).................. 222
— Nicolaus Copernicus. Physician and Humanitarian, a new approach; by *Alexander Rytel* (imp.)........ 796
— Priestley's laboratory and library and other of his effects, par *Douglas Mc Kie* (imp.)............ 1091
— An unpublished letter from Priestley to John Parker, par *Douglas Mc Kie* (imp.).................... 1091
— M. *Louis de Broglie* présente deux Ouvrages : 1° « Lettres d'Albert Einstein à Maurice Solovine »; 2° « Lavoisier et la Révolution française », par *Lucien Scheler*. I. « Le Lycée des arts »......... 1704
— Histoire de l'Astronomie; par *Friedrich Becker*, suivie de l'Astronomie moderne; par *Ernest Esclangon* (imp.)................ 1983
— Histoire des Mathématiques; par *O. Becker* et *J. E. Hofmann* (imp.). 1983
— Histoire de la Chimie; par *Paul Walden* (imp.)................ 1983
— Histoire de la Physique; par *Max von Laue* (imp.)................ 1983
— Histoire de la Chirurgie; par *Walter von Brunn* (imp.).............. 1983
— M. *Louis de Broglie* présente : « Hommage à André Claude, 1900-1955 ».................... 1984
— Voir *Bibliographies*.

I

INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE. — MM. *Georges Darmois* et *Maurice Fréchet* sont délégués à la XXXe Session de cet Institut à Stockholm, du 8 au 15 août 1957. 1587
INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE. — MM. *Maurice Lemoigne* et *Raoul Combes* sont délégués dans le Conseil de perfectionnement..... 1587

J

JUBILÉS. — M. le *Secrétaire perpétuel* dépose sur le Bureau le « Volume offert en hommage à M. *Arnaud Denjoy* »...................... 1586

L

LANGAGE SCIENTIFIQUE. — Voir *Comité consultatif du langage scientifique, Géologie.*

N

Pages.

NOTICES HISTORIQUES. — Notice sur la vie et les travaux de *Serge Winogradsky,* Associé étranger de l'Académie; par M. *Robert Courrier*.... 1969

NOTICES NÉCROLOGIQUES. — Sur *Léon Bérard*; par M. *Louis Bazy*...... 1081

P

PHILOSOPHIE DES SCIENCES. — M. *Louis de Broglie* fait hommage d'une plaquette : « Que sommes-nous, où allons-nous ? ».............. 117

PLIS CACHETÉS. — Ouverture des plis cachetés nos 7576, 8069, 8298, 8488 et 8592.................. 634

— Id. des nos 13 561, 13 566 et 13 567.. 1586

— Id. du no 9951.................. 1705

PRIX ET SUBVENTIONS. — Prix et subventions attribués en 1956...... 1960

PRIX INTERNATIONAL SAINT-VINCENT. — L'*Académie de Médecine de Turin* annonce l'ouverture d'un concours pour l'attribution du 2e *Prix international Saint-Vincent* de 10 000 000 de lires...... 545

S

SOLENNITÉS SCIENTIFIQUES. — M. *Pierre Tardi* rend compte de l'inauguration d'un monument élevé à Pello, en commémoration de la mesure d'un arc de méridien effectuée en Laponie en 1736-1737 par une expédition de l'Académie Royale des Sciences............ 11

— M. *Georges Darrieus* est délégué au centième anniversaire de la naissance de *Nikola Tesla,* à Belgrade, du 10 au 13 juillet 1956........ 12

— Il rend compte de ces Cérémonies.. 343

— M. *Paul Montel* est délégué à la Réunion des Mathématiciens d'expression latine, à Nice, du 12 au 18 septembre 1957.......... 117

— M. *Jacques Hadamard* est délégué, avec M. *Léon Moret,* à l'inauguration des plaques commémoratives aux noms de *Déodat Gratet de Dolomieu* et *Élie Cartan,* à Dolomieu (Isère), le 16 septembre 1956.................. 796

— Une Cérémonie aura lieu à Rumigny, Ardennes, le 14 octobre 1956, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la mort d'*Édouard Piette*........................ 881

— M. *Jean Piveteau* y est délégué.... 935

— MM. *Gabriel Bertrand, Maurice de Broglie, Marcel Delépine, Albert Caquot, Paul Lebeau, Albert Portevin, Albert Pérard, Louis Hackspill, Paul Pascal, Pierre Chevenard, Georges Darrieus, Charles Dufraisse, Philibert Guinier, Georges Chaudron* sont délégués au bicentenaire de la naissance de *Jean Chaptal,* le 17 novembre 1956, au Conservatoire des Arts et Métiers. 935

— M. *Pierre Chevenard* est délégué à l'inauguration d'un monument à la mémoire de *Louis-Paul Cailletet* et au vingt-cinquième anniversaire de la *Société des Forges de Chênecières,* le 2 décembre 1956, à Saint-Marc-sur-Seine................. 1181

— Le *Bureau,* la *Section de Géométrie,* MM. *Maurice de Broglie, Henri Villat, Joseph Pérès, Georges Poivilliers* et *Maurice Roy* sont délégués aux Cérémonies du Centenaire de la naissance d'*Émile Picard,* le 27 novembre 1956 à la Cité Universitaire, et le 28 novembre à l'École centrale des Arts et Manufactures........... 1467

Pages.

— M. *Gaston Giraud* est délégué au deux cent-cinquantième anniversaire de l'*Académie des Sciences et Lettres de Montpellier,* les 17 et 18 novembre 1956............. 1468
— M. *André Couder* est délégué à la Cérémonie organisée par l'*Académie de Rouen* en février ou mars 1957, à l'occasion du troisième centenaire de la naissance et du deuxième centenaire de la mort de *Fontenelle*............. 1468
— Une Cérémonie aura lieu le 15 décembre 1956, à Cambridge (Angleterre), pour célébrer le centième anniversaire de la naissance de Sir *Joseph John Thomson*....... 1587

U

UNION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DE LA NATURE. — M. *Roger Heim,* Président, rend compte de son voyage à Édimbourg.......................... 729

V

VŒUX. — Le *Science Council of Japan* adresse le texte du vœu relatif à l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, qu'il a adopté en sa XXI[e] Assemblée générale, le 28 avril 1956....... 343
— Vœu adopté par l'Académie en faveur d'une réforme de l'Enseignement scientifique............ 1811



TABLE DES AUTEURS.

A

MM. — Pages.

ABADIE (Paul), Robert CHARBONNIÈRE, Auguste GIDEL, Pierre GIRARD et André GUILBOT. — Passage du domaine hertzien à l'infrarouge et de l'infrarouge au hertzien.............. 1110
— *Erratum*.......................... 1970
ABADIE-MAUMERT (François-A.). — De la détermination de la viscosité intrinsèque d'un haut polymère en chaîne non ramifiée à partir de la viscosité spécifique de sa solution........................... 1208
ABEL (Louis). — Voir *Pomey* (*Jacques*) et *divers*....................... 1745
ABRAGAM (Anatole) et Jean COMBRISSON. — Relaxation paramagnétique spin-réseau dans un semi-conducteur................ 576
— Relaxation paramagnétique spin-spin dans un semi-conducteur.... 650
ACADÉMIE DE LA RÉPUBLIQUE POPULAIRE ROUMAINE. — Revue de Biologie, Tome I, nº 1. Revue de Mathématiques pures et appliquées, Tome I, nº 1. Revue de Mécanique appliquée, Tome I, nº 1. Revue des Sciences médicales, Tome I, nº 1 (imp.)....... 1005
— Institutul de Neurologie I. P. Pavlov. Studii si cercetari de Neurologie. Tome I, nº 1 (imp.)........ 1006
— Lucrarile sesiunii stiintifice a sectiei de stiinte medicale a Academiei R. P. R. din 22-24 Ianuarie 1954 (imp.)......................... 1091
— Contributii experimentale la studiul imunitatii in malarie, sub redactia Acad. *M. Ciuca* (imp.).......... 1091
— Problem de Geografie. Vol. I, II, III (imp.)...................... 1588
— Institutul de Terapeutica. Probleme de Terapeutica. Vol. I, II, III (imp.).......................... 1588
— Baza de cercetari stiintifice, Timisoara. Studii i cercetari stiintifice. Anul I, 1954. Anul II, 1955 (Serial I, II) (imp.)................ 1588
— Revue de Chimie. Tome I, nº 1. Revue de Physique, Tome I (imp.).. 1985
— Institut d'Énergétique. Revue d'Électrotechnique et d'Énergétique. Tome I, nº 1 (imp.)........ 1985
— Institutul de fiziologie normala și patologica. Studii și cercetari de fiziologie 1-2. Anul I (imp.),..... 1985
— Centrul de cercetari metalurgice. Studii și cercetari de metalurgie, 1, Anul 1 (imp.)................ 1985
— Opera matematica a lui Alexandru Pantazi (imp.)................. 1985
— Monografii de Tehnica. 1. Sistemul practic general de marimi și unitati. Teori și aplicare de *C. I. Budeanu* (imp.)................. 1985
— Voir *Vazaca* (*Christofor*)........... 1985
ACADÉMIE DE MÉDECINE DE TURIN. — Annonce le 2e *Prix international Saint-Vincent pour la Science médicale*, et invite l'Académie à lui communiquer ses propositions........................ 545
ACADÉMIE DE ROUEN. — Voir *Fontenelle* (*Bernard Le Bovier de*).. 1468
ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'ESTONIE. — Troudy Instituta

MM. Pages.
geologii. Tome I (imp.).......... 1005
ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'UKRAINE. — Oukraïnskii fizitchnii Journal. Tome I, n° 1. Dopovidi, Tomes I, II, III. Avtomatitcheskaia svarka, Tomes I, II, III. Avtomatika, Tomes I, II (imp.).. 546
— Izvestia glavnoï astronomitcheskoï Observatorii. Tome I (imp.)...... 882
ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'U. R. S. S. — Referaty naoutchno-issledovatel'skikh rabot za 1945 g. Otdelenie fisico-matematitcheskikh naouk (imp.)........ 1263
— Teoria veroiatnostey i ee primenenia. Tome I (imp.)............... 1383
— Pribory i tekhnika eksperimenta, n° 1, 1956 (imp.)............... 1818
— Rol' Akademii naouk v istoritcheskom razvitii organitcheskoï khimii; par *N. D. Zelinskii* (imp.)... 1818
ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER. — M. *Gaston Giraud* est délégué au deux cent-cinquantième anniversaire de la fondation de cette Académie les 17 et 18 novembre 1956......................... 1468
ACHARD (JEAN-CLAUDE), PAUL CARO et JEAN LORIERS. — Préparation de scandium métallique pur en lingots par calcio-thermie..... 493
ADDA (YVES). — Voir *Faraggi* (Mme *Henriette*) et *divers*............. 1316
ADDA (YVES), JEAN PHILIBERT et CLAUDE MAIRY. — Sur la mise en évidence d'un effet Kirkendall dans la diffusion uranium-zirconium en phase γ.............. 1115
ADRIAN (JEAN). — Mise en évidence d'un antagonisme entre riboflavine et bore dans le domaine microbiologique.................. 2183
AIGRAIN (PIERRE). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers* (imp.)..... 12
AILLERET (PIERRE). — Un prix lui est décerné sur le Fonds des Laboratoires....................... 1968
— Adresse des remercîments......... 1984
AKHIEZER (ALEX.). — Assiste à une séance........................ 217
ALBANY (HALIM J.) et RODOLPHE VIALLARD. — Aspects cinétiques de l'évolution du système cérium-hydrogène............. 948
ALBRECHT (FRÉDÉRIC O.) et MICHEL VERDIER. — Le poids et le nombre d'ovarioles chez les larves nouveau-nées de *Locusta migratoria migratorioides* R. et F...... 203
ALEXANDRE (EUGÈNE). — Voir *Eberhard* (*Philippe*) et *divers*..... 1862
ALIMEN (Mlle HENRIETTE) et Mme MARGUERITE PALAU. — Modalités du ruissellement saharien et granulométrie des sables (Saoura, Monts d'Ougarta)............... 1540
ALLAMIGEON (ANDRÉ-CLAUDE). — Espaces homogènes symétriques harmoniques à groupes semi-simple.......................... 121
ALLARY (Mlle SUZANNE). — Voir *Rémy* (Mlle *Monique*) et Mlle *Suzanne Allary*.......................... 1663
AMIOT (RAYMOND). — Sur l'étude du phénomène de solvatation par des mesures de réfraction spécifique.. 1311
ANCEL (PAUL) et Mme MARYSE REYSS-BRION. — Sur les relations entre le grand axe de l'uterus et le plan de symétrie bilatérale chez l'embryon de Souris........ 932
— Sur l'inversion du plan de symétrie bilatérale chez l'embryon de Souris............................ 1380
ANCONA (UMBERTO D'). — Élu Correspondant pour la Section de Zoologie, adresse des remerciements......................... 12
— Adresse ses Ouvrages : « Elementi di Biologia generale » et « Trattato di Zoologia », et une collection de tirages à part de ses travaux de Zoologie....................... 830
ANDARELLI (LOUIS). — Voir *Senevet* (*Georges*)...................... 11
— Voir *Senevet* (*Georges*) et *Louis Andarelli*......................... 1962
ANDREJEW (ANATOLE) et ALBERT JEAN ROSENBERG. — Activité de la déshydrogénase *l*.β-hydroxybutyrique des mitochondries d'un hépatome ascitique et du foie normal de Rat.................... 2191
ANDRIEUX (JEAN-LUCIEN). — Pose sa candidature à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.. 1262
— Présenté en deuxième ligne....... 1575
— Obtient des suffrages..... 1586, 1705
ANDRIEUX (JEAN-LUCIEN) et ÉTIENNE BONNIER. — Préparation simultanée de calcium et de silicoaluminium............ 1259
ANDRILLAT (HENRI). — Les densités électroniques de 8 nébuleuses gazeuses déduites du rapport d'intensité des raies de [O II]........ 702

MM. Pages.

ANTONIU (Ion S.). — Chestiuni speciale de electrotehnica (imp.).... 1182
AREVIAN (Athos). — Voir *Corsin (Paul)* et *Athos Arevian*......... 1776
ARNAL (Robert). — Voir *Goutte (Robert)* et *divers*.............. 2026
ARNOULD (Michel). — Voir *Casteras (Marcel)* et *divers*...........2.. 104
ARSENIJEVIC (Vladimir C.). — Voir *Damanski (Alexandre F.)* et *divers*. 919
ARSENIJEVIC (Vladimir C.) et Mme Danica Dj. STEFANOVIC. — Réduction par $LiAlH_4$ de deux tétrahydrofurannes homologues à chaînes latérales substituées par le groupement nitrile........... 964
ARSENIJEVIC (Mme Vladimir), née Lucie KASAŠ. — Voir *Damanski (Alexandre F.)* et *divers*......... 919
ARVANITAKI (Mme Angélique), MM. Nicolas CHALAZONITIS et Masanori OTSUKA. — Activité paroxystique du soma neuronique d'*Aplysia* sous l'effet de la strychnine. (Dérivation endosomatique des potentiels.)...... 307
ARVY (Mlle Lucie). — Action d'un libérateur d'histamine, dérivé de la *p*-méthoxyphénéthylméthylamine, sur le système lymphatique, chez le Rat................... 1232
— Comparaison des actions du chlorure de sinoménine et d'un dérivé de la méthylamine, sur les labrocytes chez le Rat.............. 1442
ARVY (Mlle Lucie) et M. Jean-M. GAILLARD. — Castration parasitaire de *Pandora albida* (Roding), (*P. inæquivalvis* L.), Mollusque Pélécypode Eulamellibranche, par *Cercaria melanocystea* n. sp., cercaire à grande queue vésiculeuse. 1074
ASCHKENASY (Alexandre). — Sur le rôle joué par certains métabolites dans la production de l'éosinopénie d'agression........... 1440
ASSOCIATION FRANÇAISE DE RECHERCHES ET D'ESSAIS SUR LES MATÉRIAUX ET LES CONSTRUCTIONS. — Journées d'extensométrie, 17, 18, 19 février 1955 (imp.).............. 882
ASTIN (Allen). — Assiste à une séance. 929
ATANASIU (Pascou). — Hépatite spontanée à virus, associée chez l'embryon de Poulet à la leucose érythroblastique................ 719
AUBAGUE (M.). — Voir *Champetier de Ribes (Gérard)* et *M. Aubague*.... 1588
AUBERT (Georges). — Les sols des régions intertropicales (imp.).... 1706
— Voir *Leneuf (Noël)* et *Georges Aubert*.......................... 859
AUBERT (Jean-Paul). — Voir *Milhaud (Gérard)* et *divers*.......... 102
AUBRY (Mlle Régine). — Voir *Bounoure (Louis)* et Mlle *Régine Aubry*.......................... 1453
AUDUBERT (René). — Voir *Bounoure (Louis)*........................ 1587
AUDUBERT (René) et Serge de MENDE. — Théorie de l'électrophorèse sur support............ 53
AUGIER (Jean) et Mlle Marie-Louise du MÉRAC. — Sur le chimisme glucidique des Némalionales..... 1785
AURIAC (Mlle Paule). — Voir *Caujolle (Fernand)* et *divers*......... 1933
AURIOL (André). — Délégué au IXe Congrès International de Mécanique appliquée, à Bruxelles, du 5 au 13 septembre 1956...... 755
AVAN (Louis). — Voir *Avan* (Mme *Madeleine*) et M. *Louis Avan*....... 38
AVAN (Mme Louis), née Madeleine FAUNY et M. Louis AVAN. — Interactions électromagnétiques des mésons μ aux grandes profondeurs - création directe de paires d'électrons..................... 38
AVIAS (Jacques). — Voir *Pruvost (Pierre)*........................ 1383
AVIAS (Jacques) et Robert COPPENS. — Sur l'existence probable d'un gisement uranifère dans la région de Neualm (Tauern de Schladming, Autriche).......... 1647
— *Erratum*........................ 2196
AYMARD (Alix). — Champs de tétrapodes......................... 885
— Les équations de l'électron magnétique déduites de la théorie des champs de tétrapodes.... 1100, 1198
AZAMBUJA (Lucien d') et Mme Lucien d'AZAMBUJA. — Le prix Arago leur est décerné.......... 1960
— Adressent des remercîments........ 1984
AZAMBUJA (Mme Lucien d'), née Marguerite ROUMENS. — Voir *Azambuja (Lucien)* et Mme *Lucien d'Azambuja*............. 1960, 1984

B

MM. Pages.

BAERT (P.). — Voir *Institut des Parcs Nationaux du Congo belge*....... 546

BAILLAUD (René). — Voir *Congrès International de Chronométrie*.... 735

BAILLET (Jack). — Le rôle de l'hypertension d'origine mécanique dans la genèse des lésions du système artériolaire chez le Rat..... 91

BAILLY (Jean-Sylvain). — Voir *Hahn (Roger)* 222

BAÏSSET (Antoine), Paul MONTASTRUC et Louis-Camille SOULA. — Recherches sur l'antagonisme entre les sécrétions antidiurétique et corticosurrénales chez le Chien; étude d'animaux surrénalectomisés à faisceau supra-optico-hypophysaire sectionné............ 413

BALMOSSIÈRE (Claude). — Voir *Mousseron (Max)* et *divers*....... 1328

BALTAZARD (Marcel). — Voir *Boue (André)* et *Marcel Baltazard*..... 1176

BANACH (Stefan). — Mechanics. Translated by *E. J. Scott*, (imp.) . . 882

BARANESCU (Georges). — Calculul proceselor de ardere et Anexe (imp.)........................ 1182

BARBIER (Georges). — Voir *Tendille (Claude)* et *divers*.............. 87

BARBIER (Jean-Claude). — Voir *Pescetti (Decio)* et *Jean-Claude Barbier*.......................... 1740

BARBILIAN (D.). — Teoria aritmetica a idealelor (In inele necomutative) (imp.)........................ 1006

BARDONE-GAUDEMAR (Mme Françoise) [Mme Marcel GAUDEMAR]. — Sur une nouvelle transposition propargylique : préparation des cétones alléniques....... 1895

BARNOUD (Fernand). — Influence de la coniférine et de la syringine sur les processus de lignification dans les cultures de tissu cambial de deux essences ligneuses......... 1545

BARON (Guy) et Michel PESNEAU. — Sur l'existence et un mode de préparation du monohydrate de carbonate de calcium............ 1217

BARRABÉ (Louis). — Voir *Butterlin (Jacques)*..................... 1262

BARRAT (Jean-Pierre). — Voir *Blandin (André)* et *Jean-Pierre Barrat*. 2041

BARRELL (Henry). — Assiste à une séance.......................... 929

BARRILLON (Émile-Georges). — Délégué de la France au IXe Congrès International de Mécanique appliquée, à Bruxelles,.............. 216

— Rapport du prix Binoux de Géographie.......................... 1960

— Id. du prix du Général Muteau des Sciences mathématiques et physiques......................... 1966

BASILE (Robert). — Sur une nouvelle méthode de calcul des sections efficaces des réactions nucléaires provoquées par des rayonnements γ de freinage..................... 1759

BASS (Jean). — Sur les solutions des équations du mouvement d'un fluide visqueux incompressible en écoulement non permanent...... 229

BASTENAIRE (François). — Sur une propriété des distributions statistiques des durées de vie à la fatigue.......................... 1270

BASTICK (Mme Jack), née Marthe MOREAU, MM. Michel MOUTACH et Henri GUÉRIN. — Sur la variation de la structure poreuse des cokes au cours de leur gazéification par l'anhydride carbonique et la vapeur d'eau.... 1764

BASTIEN (Paul) et Alain SULMONT. — Sur l'hétérogénéité de l'austénite des aciers à 18 % de chrome et 2, 4 ou 6 % de nickel, après des traitements de précipitation des carbures....................... 1872

— Évolution au chauffage de la martensite d'origine thermique des aciers à 18 % de chrome, 2, 4 ou 6 % de nickel et 0,05 % de carbone.......................... 2065

BATES (Marston). — Voir *Thomas Jr. (William L.)* et *divers*........... 764

BATTIG (A.). — Resultados generales referentes a la descripcion de un foton en un medio material (imp.). 1468

BAZIN (Mlle Suzanne) et M. Albert DELAUNAY. — Modifications apportées, *in vitro*, à des combinaisons collagène-mucopolysaccha-

MM. Pages.
rides par des sels divers......... 1942
BAZY (Louis). — Rapport du prix Jean Dagnan-Bouveret......... 1963
— Id. du prix Henriette Regnier...... 1963
— Notice nécrologique sur *Léon Bérard*. 1081
BEALE (Martin) et Michael DRAZIN. — Sur une Note de Farquharson........................... 123
BEAU (Georges), Mme Lucien BLANQUET, MM. Paul BLANQUET et Alain FOURTON. — Contribution à l'enregistrement de la charge spatiale atmosphérique... 784
BEAULIEU (Étienne-Émile) et Max-Fernand JAYLE. — Isolement de trois nouveaux stéroïdes réducteurs dans les urines de femmes enceintes...................... 1247
BEAUMONT (André). — Sur la culture *in vitro* de foie larvaire d'Amphibien : apparition du glycogène en milieu synthétique............ 676
BECHERER (Alfred). — Floræ Vallesiacæ Supplementum. Supplement zu Henri Jaccards «Catalogue de la Flore valaisanne», unter Benützung eines von Jaccard nachgelassenen Manuskriptes bearbeitet (imp.)........................ 1818
BECKER (Friedrich). — Histoire de l'Astronomie. 2e édition complétée, texte en français de *Francis Casset*, suivie de l'Astronomie Moderne, par *Ernest Esclangon* (imp.). 1983
BECKER (O.) et J. E. HOFMANN. — Histoire des Mathématiques. Préface de M. *Georges Bouligand*. Traduction de *R. Jouan* (imp.).... 1983
BEČVAŘ (Antonin). — Československa Akademie Věd. Atlas Cœli 1950.0 (imp.)........................ 1588
BEDREAG (Constantin). — Potentiel d'ionisation; interprétation analytique....................... 773
BEHAR (Isaac). — Étude micrographique de l'oxydation de la magnétite....................... 1877
BEHAR (Robert). — Voir *Ratouis (Roger)* et *Robert Behar*......... 966
BELGODÈRE (Paul). — Documentation mathématique. Fasc. 3=33 et 5 = 35 (polyc.)............. 546
BENADO (Mihail). — Sur la théorie générale des produits réguliers... 1092
BÉNARD (Jacques). — Délégué de la France au XVe Congrès International de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216
BENHAMOU (Mlle Nicole) et M. Gilbert WEILL. — Étude par diffusion de la lumière de l'action du chlorure de sodium sur l'oxyhémoglobine..................... 2054
BENOIT (Jacques). — Une subvention Loutreuil lui est attribuée....... 1967
— Adresse des remercîments.......... 1985
BENOIT A LA GUILLAUME (Claude). — Lumière de recombinaison par l'intermédiaire de pièges dans le germanium.................. 704
BÉRARD (Léon). — M. *de Gramont* annonce sa mort.............. 793
— Notice nécrologique par M. *Louis Bazy*.......................... 1081
BERKALOFF (André). — Mise en évidence de l'ergastoplasme dans les leucophagocytes d'un Insecte *Gryllus domesticus* (Orthoptère, *Gryllidæ*)...................... 1158
BERNARD (Daniel). — Sur l'intersection des sous-espaces fibrés principaux d'un espace fibré principal. 1714
— Sur les G-structures complexes..... 1821
BERNARD (François). — Existence d'une région à épithélium gastrique dans le tube digestif de l'alevin de Gardon (*Leuciscus rutilus* L.)........................ 1161
BERNARD (Mlle Hélène). — Voir *Sirchis (Jean)* et *divers*.......... 2164
BERNARD (Maurice). — Préparation des carbamates alcalins......... 844
— Id. des carbamates de rubidium et de césium..................... 1528
BERNARD (Michel-Pierre). — Déshydratation du sel de Seignette étudiée par spectrométrie infrarouge.......................... 2036
BERNARD (Michel-Yves) et Jean HUE. — Les aberrations géométriques dans les lentilles à focalisation forte.................... 1852
BERNARD (Pierre). — Interprétation des ondes séismiques des explosions des Rochilles (août-septembre 1956)................ 2115
BERNUS (Edmond). — Voir *Berthois (Léopold)* et *Edmond Bernus*..... 295
BERTAUT (Félix). — Le prix Carrière de géologie lui est décerné...... 1962
— Adresse des remercîments......... 1984
BERTAUT (Félix), Francis FORRAT, André HERPIN et Pierre MÉRIEL. — Étude par diffraction de neutrons du grenat ferrimagnétique $Y_3Fe_5O_{12}$................. 898
BERTAUT (Félix) et Francis FORRAT. — Étude des combinaisons

MM. Pages.
des oxydes des terres rares avec l'alumine et la galline........... 1219
BERTHELOT (André). — Rayonnements de particules atomiques, électrons et photons (imp.)...... 882
BERTHIER (Gaston). — Voir *Pullmann* (Mme *Alberte*) et *divers*..... 380
BERTHOIS (Léopold). — Déplacement des aires d'envasement dans l'estuaire de la Loire............ 1343
— Turbidité des eaux à l'entrée de l'estuaire de la Loire........... 2113
BERTHOIS (Léopold) et Edmond BERNUS. — Teneur en calcium des eaux de la Loire............. 295
BERTHOIS (Léopold) et Jean PORTIER. — Recherches expérimentales sur le mode d'usure des graviers.......................... 1778
BERTON (Alain). — Photomètre simple dans l'ultraviolet appliqué à l'analyse physique et chimique. 949
BERTRAND (Didier). — Voir *Deschiens* (*Robert*) et *divers*........ 2178
BERTRAND (Didier) et André de WOLF. — Importance du fer comme oligoélément dans l'utilisation de l'acide citrique par l'*Aspergillus niger*.................... 1924
BERTRAND (Gabriel). — Délégué au bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956.................. 935
— Réélu membre des Commissions administratives................ 1817
— Rapport du prix du Docteur et de Mme Henri Labbé............. 1966
BERTRAND (Ivan). — Le prix Bréant lui est décerné................ 1963
BERTRAND-BEAUVAIS (Mme Louise) [Mme Marcel BEAUVAIS] et M. Édouard ROCH. — Les sables ocreux du Vaucluse............ 392
BESAIRIE (Henri). — Adresse la Carte géologique de Madagascar en treize feuilles, à l'échelle du 1/500 000e mise à jour par lui en 1956....................... 935
— Adresse : 1° La Carte géologique de Madagascar et la Carte minière et des indices de Madagascar; 2° Le système crétacé à Madagascar, avec M. *M. Collignon*; 3° Un ouvrage posthume de *Alfred Lacroix*. 1817
— Adjoint à la liste de candidats pour la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*........................ 1575
— Obtient un suffrage........ 1586, 1705
BESAIRIE (Henri), Peter EBERHARDT, Friedrich Georg HOUTERMANS et Peter SIGNER. — Deuxième série de mesures d'âge de galènes de Madagascar.. 544
BESSIS (Marcel) et Mme Janine BRETON-GORIUS. — Granules ferrugineux observés au microscope électronique dans les cellules de la moelle osseuse et dans les sidérocytes.................... 1235
— Disposition particulière du réticulum endoplasmique des étythroblastes. Étude au microscope électronique. 1356
BÉTHUNE (Pierre de) et André MEYER. — Les carbonatites de la Lueshe (Kivu, Congo belge)... 1132
BÉZIER (Mlle Denise). — Déléguée de la France au XVe Congrès International de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne............... 216
BIBERSON (Pierre). — Nouvelles précisions sur les gisements à « Pebble-Culture » des plages marines soulevées du Quaternaire ancien de Casablanca (Maroc).... 1227
BIBLIOTHÈQUES SLOVAQUES. — Le passé et l'état actuel de la Bibliographie slovaque (imp.).... 635
BIJU-DUVAL (Bernard). — Le prix des Jeunes géologues lui est décerné......................... 1962
BILIOTTI (Émile), Pierre GRISON et Constantin VAGO. — Essai d'utilisation de polyèdres isolés de la Processionnaire du Pin comme méthode de lutte biologique contre cet insecte......... 206
BINET (Léon). — Délégué dans le Comité National des Sciences physiologiques................. 329
— Id. aux Cérémonies du Souvenir organisées par la Fédération des Médecins du Front, le 11 novembre à la Faculté de Médecine et le 18 novembre au Val-de-Grâce... 1262
— Id. au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Souhaite la bienvenue à M. *Mahmoud Hessaby*................. 1465
— Id. à M. *Salomon Lefschetz*......... 1697
— Id. à M. *Antonio Ferri*........... 1973
— Signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 5 décembre, au lieu du

MM. Pages.
lundi 3, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.......... 1697
— Allocution prononcée en la séance annuelle des prix............. 1949
— Rapport du prix Montyon de médecine et chirurgie.............. 1963
— Id. du prix Lannelongue........ 1963
— Id. de la fondation Roy-Vaucouloux. 1963
— Id. du prix Montyon de physiologie. 1964
— Id. du prix Martin-Damourette.... 1964
— Id. du prix du Docteur et de Mme Henri Labbé.................. 1966
— Voir *Enseignement Scientifique (Commission de l')*................ 1811
BINET (LÉON), Mlle MICHÈLE LEBLANC et M. JOSEF HRACHOVEC. — Sur la lipémie plasmatique au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde chez le Lapin........................ 467
— Sur la stéatose hépatique au cours de l'intoxication par l'Amanite phalloïde chez le Lapin......... 692
BINET (PAUL). — Lumière et germination de *Zygophyllum album* L... 397
BIREBENT (RAYMOND). — Sur un dispositif photoélectrique pour mesures polarimétriques.......... 578
BISERTE (GÉRARD). — Voir *Dautrevaux (Michel)* et *Gérard Biserte*.. 923
BISMUT (MARCEL). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................. 216
BIZETTE (HENRI), CLAUDE TERRIER et BELLING TSAÏ. — Susceptibilités magnétiques principales du chlorure ferreux............... 895
— Id. des chlorures anhydres de cobalt et de nickel.................. 1295
BLAISE (JACQUES). — Sur la présence d'une série de type « nigritien » dans l'Antécambrien de l'Ahaggar oriental (Sahara central) : la série de Tiririne................... 1225
BLAMONT (JACQUES-ÉMILE). — Voir *Guiochon (Mlle Marie-Anne)* et *divers*........................ 1859
BLAMONT (JACQUES-ÉMILE) et JEAN BROSSEL. — Effet Stark du niveau 6^3P_1 de l'atome de mercure. 2038
BLANC-LAPIERRE (ANDRÉ). — Le prix La Caze de Physique lui est décerné...................... 1961
— Adresse des remercîments......... 1984
BLANDIN (ANDRÉ) et JEAN-PIERRE BARRAT. — Orientation optique d'atomes de cœsium dans la vapeur saturante..................... 2041
BLANQUET (Mme LUCIEN), née LOUISE FABRE. — Voir *Beau (Georges)* et *divers*...................... 784
BLANQUET (PAUL). — Voir *Beau (Georges)* et *divers*............. 784
BLAQUIÈRE (AUGUSTIN). — Équation de Hill non linéaire et méthode stroboscopique de N. Minorsky....................... 1711
— Synchronisation des oscillateurs non linéaires, critère général de stabilité.......................... 2002
BLARINGHEM (LOUIS). — Membre de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*....................... 1262
BLET (GEORGES). — De l'influence du proche infrarouge aux basses températures sur les propriétés des photopiles au sélénium.......... 798
— Une anomalie des conductibilités directe et inverse d'une photopile au sélénium refroidie à basse température et réactivée par l'infrarouge......................... 1753
BLIN (JEAN). — Voir *Cauchois (Mlle Yvette)* et *divers*................ 12
BLONDEL (JEAN-MARIE). — Sur le comportement à l'infini des solutions d'une équation linéaire aux dérivées partielles du second ordre. 833
BLUM (ÉMILE-JACQUES), ANDRÉ BOISCHOT et MICHEL GINAT. — L'interféromètre à antennes multiples de la Station de Nançay... 19
BOBIN (Mlle GENEVIÈVE). — Voir *Prenant (Marcel)* et Mlle *Geneviève Bobin*........................ 1984
BOCQUET (Mme CHARLES), née JACQUELINE VÉDRINE. — Corrélation entre le rythme des marées et la mue d'une population de Chthamales.................... 2159
BODIOU (GEORGES). — Une forme spinorielle des équations de l'électromagnétisme................ 1287
BODOT (HUBERT). — Voir *Mousseron (Max)* et *divers*................ 2077
BOGHEN (JACQUES). — Voir *Hérenguel (Jean)* et *divers*............... 2060
BOHR (NIELS). — Conférence sur la Physique moderne et ses perspectives actuelles, faite au Centenaire de *Nikola Tesla*, à Belgrade...... 343
BOISSIER (JACQUES-R.). — Action des isomères de la thiovaline sur la croissance du Rat blanc........ 1172

MM. Pages.
— Voir *Hazard (René)* et *divers*....... 452
BOISSIER (JACQUES-R.), CHARLES MALEN, CLAUDE DUMONT et ROBERT MAUGÉ. — Action anesthésique locale de quelques N-tertio-alcoyl-dialcoylamino-acyla-mides........................ 529
BOJIN (STELIAN). — Voir *Salceanu (Constantin)* et *Stelian Bojin*..... 237
BOLELLI (EDMOND). — Voir *Faure-Muret* (Mlle *Anne*) et *divers*...... 1813
BONNEMAISON (LUCIEN). — Déterminisme de l'apparition des larves estivales de *Periphyllus (Aphidinæ)*........................ 1166
BONNET (YANNIK). — Voir *Julia (Sylvestre)* et *divers*....... 1121, 2079
BONNIER (ÉTIENNE). — Voir *Andrieux (Jean-Lucien)* et *Étienne Bonnier*. 1259
BONNIN (ANDRÉ) et MARIUS CHEMLA. — Concentration des isotopes du lithium par électromigration sur papier........... 1112
BOREL (ÉMILE). — Son remplacement dans la Section de Géométrie... 461
BORENSTEIN (PIERRE). — Voir *Buser (Pierre)* et *Pierre Borenstein*...... 93
BOSSER (JEAN-MICHEL). — Voir *Pernet (Robert)* et *divers*.............. 1352
BOTTON (MARCEL DE). — *Erratum* relatif à une précédente communication (242, 1956, p. 1030)..... 1371
— Id. (237, 1953, pp. 729 et 730)..... 1576
BOUCHIAT (CLAUDE) et LOUIS MICHEL. — Effets de polarisation dans la diffusion de Møller des électrons...................... 642
BOUDÈNE (CLAUDE). — Voir *Fabre (René)* et *divers*................ 624
BOUDY (PAUL). — Le prix Paul Marguerite de la Charlonie d'économie rurale lui est décerné.......... 1963
— Adresse des remercîments......... 1984
BOUE (ANDRÉ) et MARCEL BALTAZARD. — Culture du virus de la variole sur cultures de tissus... 1176
BOUFFAULT (JEAN-CLAUDE). — Voir *Rerat (Alain)* et *divers*.......... 192
BOULIGAND (GEORGES). — Types divers d'évolution irréversible.... 1580
— Voir *Becker (O.)* et *J. E. Hofmann*... 1983
— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles............... 216
BOULLÉ (ANDRÉ) et ROBERT DAVID. — Sur la décomposition des oxalates de cobalt et de nickel..... 495
BOUNIOL (FERNAND). — Voir *Guienne (Paul)* et *Fernand Bouniol*....... 1479
BOUNOURE (LOUIS). — L'instinct sexuel. Étude de psychologie animale *in* La Science vivante, dirigée par *René Audubert* (imp.)....... 1587
BOUNOURE (LOUIS) et Mlle RÉGINE AUBRY. — La structure du canal hermaphrodite de *Limnæa stagnalis* et les possibilites de régénération germinale chez les Gastéropodes pulmonés.............. 1453
BOURA (MICHEL). — Voir *Lemaire (Robert)* et *Michel Boura*........ 518
BOURCART (JACQUES). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*........................ 1005
— Présenté en deuxième ligne........ 1693
— Obtient des suffrages............. 1705
BOURDEL (Mlle GENEVIÈVE) et M. RAYMOND JACQUOT. — Importance du placenta dans l'anabolisme protidique de la gestation. Cas des régimes pauvres en azote. 310
— Analyse des manifestations de l'anabolisme gravidique par l'étude du foie et du contenu utérin. Cas des régimes pauvres en azote........ 1155
BOURDERON (Mlle GISÈLE). — Voir *Ferrando (Raymond)* et *divers*.... 537
BOURDOUN (GRÉGOIRE). — Assiste à une séance.................... 929
BOURGUET (Mlle JEANNE). — Un prix du Docteur et de Mme Henri Labbé lui est décerné................ 1966
— Adresse des remercîments......... 1984
BOUROT (JOSEPH-MAURICE) et RAYMOND BRUN. — Sur le champ aérodynamique au voisinage de l'orifice d'un résonateur allongé... 2004
BOVE (Mlle COLETTE). — Voir *Pinta (Maurice)* et Mlle *Colette Bove*.... 79
BRACHET (JEAN). — Voir *Thomas (J. André)*.................... 1984
BRANCHE (GEORGES) et Mlle MARIE-ÉDITH ROPERT. — Sur une association tourmaline-glaucophane... 387
BRARD (ROGER). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*......................... 1091
— Présenté en deuxième ligne........ 1693
— Élu............................ 1705
BRATOŽ (SAVO). — L'influence des termes négligés dans l'approximation de Born et Oppenheimer sur le calcul de l'intensité des

MM. Pages.
bandes infrarouges............. 1493
BRAULT (Mme GEORGES), née JACQUELINE REMBERT. — Voir *Nicolle (Pierre)* et *divers*.............. 994
BRENET (JEAN). — Sur le mécanisme de la dismutation du sesquioxyde en bioxyde de manganèse et ion manganeux.................... 1310
BRETON (Mme CLAUDE), née JANINE GORIUS. — Voir *Bessis (Marcel)* et Mme *Janine Breton-Gorius*. 1235, 1356
BRETON (JACQUES). — Méthode de grande sensibilité pour la mesure des pouvoirs rotatoires magnétiques avec des champs alternatifs très faibles.................... 254
BRIEN (PAUL). — Élu Correspondant pour la Section de Zoologie, adresse des remercîments.............. 12
BRILLOUËT (GEORGES). — Un prix lui est décerné sur le Fonds des Laboratoires................... 1968
— Adresse des remercîments......... 1984
BRINER (ÉMILE) et ÉDOUARD DALLWIGK. — Spectres d'absorption infrarouge des produits d'ozonation de corps organiques non saturés....................... 630
BRION (Mlle HÉLÈNE). — Remarques sur l'approximation des intégrales à trois centres par la formule de Mulliken à propos d'un calcul des orbitales self-consistentes de la molécule de diborane........... 271
BRITISH COUNCIL. — Des bourses d'Études en Grande-Bretagne sont offertes par cet Organisme en 1957-1958.................... 1587
BROCART (JEAN). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne............... 216
BROGLIE (LOUIS DE). — Fait hommage de son Ouvrage : « Nouvelles perspectives en Microphysique »....................... 11
— Id. : « Une tentative d'interprétation causale et non linéaire de la Mécanique ondulatoire (la théorie de la double solution) », et d'une plaquette : « Que sommes-nous, où allons-nous ? »............. 117
— Illustration par un exemple de la forme des fonctions d'ondes singulières de la théorie de la double solution...................... 617
— La signification du $|\Psi|^2$ pour les états stationnaires dans l'interprétation causale de la Mécanique ondulatoire.................... 689
— Fait hommage d'un Ouvrage de M. *Raymond Daudel* : « Les fondements de la Chimie théorique. Mécanique ondulatoire appliquée à l'étude des atomes et des molécules », dont il a écrit la Préface. 881
— Présente les trois Ouvrages suivants : 1° « Lettres d'*Albert Einstein* à Maurice Solovine »; 2° « Lavoisier et la Révolution française », par *Lucien Scheler*; 3° « Le Cinquième Congrès mondial de l'Alliance française », qui contient le discours qu'il y a prononcé......... 1704
— Remarques au sujet de la Note de MM. *Jean Faget* et *Charles Fert*, sur les : Franges de diffraction et d'interférences en Optique électronique : diffraction de Fresnel, trous d'Young, biprisme de Fresnel..................... 2029
— Dépose sur le Bureau la « Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs pour l'an 1958 », publiée par le *Bureau des Longitudes*................. 471
— Id. « L'Annuaire pour l'an 1957 », publié par le *Bureau des Longitudes*, et divers Ouvrages....... 1983
— Présente un Ouvrage : « Hommage à André Claude, 1900-1955 »..... 1984
— Signale que le tome 239 (juillet-décembre 1954) des « Comptes rendus » est en distribution au Secrétariat..................... 1090
— Membre de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.............. 1262
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Rapport du prix La Caze de physique......................... 1961
— Id. du prix Bordin des sciences mathématiques et physiques.... 1965
— Id. du prix Vaillant............. 1965
— Id. du prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet.................. 1965
— Id. du prix Louis Bonneau........ 1966
— Id. du prix du Conseil supérieur de la recherche scientifique et du progrès technique............. 1967
— Id. de la fondation Loutreuil....... 1967

MM. Pages.

— Voir *Enseignement scientifique* (*Commission de l'*)...... 1811
BROGLIE (MAURICE DE). — Délégué au bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal,* au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956...... 935
— Id. au Centenaire d'*Émile Picard,* les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Rapport de la fondation Jaffé...... 1967
— Voir *Laue* (*Max von*)...... 1983
BROSSEL (JEAN). — Voir *Guiochon* (Mlle *Marie-Anne*) et *divers*...... 1859
— Voir *Blamont* (*Jacques-Émile*) et *Jean Brossel*...... 2038
BROT (CLAUDE) et ALAIN SOULARD. — Cavité metrique et décimétrique à accord linéaire...... 1848
BROUARDEL (JEAN) et ÉMILE RINCK. — Détermination de la production de matière organique en Méditerranée à l'aide du ^{14}C.. 1797
BRUHAT (FRANÇOIS). — Une allocation Girbal-Baral lui est accordée.... 1968
— Adresse des remercîments...... 1985
BRUMA (MARC) et JACQUES RONCIN. — Sur l'effet d'électro-érosion.... 249
BRUN (EDMOND). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles...... 216
BRUN (RAYMOND). — Voir *Bourot* (*Joseph-Maurice*) et *Raymond Brun*...... 2004
BRUN (ROGER). — Voir *Hoffstetter* (*Robert*) et *Roger Brun*...... 1651
BRUNEL (Mme ARTHUR), née GENEVIÈVE CAPELLE. — Voir *Touzé* (*André*) et Mme *Geneviève Brunel-Capelle*...... 1250
BRUNEL (JEAN-PAUL). — Voir *Hocquette* (*Maurice*) et *Jean-Paul Brunel*...... 2132
BRUNN (WALTER VON). — Histoire de la Chirurgie. Traduction française de *Charles* et *Andrée Coury.* Annotations et commentaires de *Ch. Coury.* Préface de *Paul Padovani* (imp.)...... 1983
BUCHANAN (GREGORY STEWART) et FÉLIX GUTMANN. — La linéarité des impédances électrolytiques...... 374
BUDEANU (C. I.). — Voir *Académie de la République Populaire Roumaine.* 1985
BUGNARD (LOUIS). — Représentera le Centre national de la Recherche scientifique dans le Comité national des Sciences physiologiques. 329
BULARD (Mlle CAMILLE). — Physiologie et évolution à propos de la germination de quelques Gymnospermes...... 599
BUREAU (JEAN). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne...... 216
BUREAU DES LONGITUDES. — Connaissance des Temps ou des mouvements célestes à l'usage des Astronomes et des Navigateurs pour l'an 1958 (imp.)...... 471
— Éphémérides nautiques pour l'an 1957 (imp.)...... 830
— Une subvention Loutreuil lui est attribuée...... 1967
— Annuaire pour l'an 1957, avec un supplément pour l'an 1958 (imp.). 1983
BUROLLET (PIERRE-FÉLIX). — Voir *Casteras* (*Marcel*) et *divers*...... 2104
BURSTEIN (MEIER). — Sur l'isolement d'une fraction des lipoprotéines sériques après précipitation par l'héparine ou par des héparinoïdes de synthèse...... 527
BURSTEIN (MEIER) et JEAN SAMAILLE. — Sur une nouvelle méthode de dosage des β-lipoprotéines sériques par l'héparine.. 2185
BURTIN (PIERRE). — Voir *Hartmann* (*Lucien*) et *divers*...... 1937
— Voir *Kourilsky* (*Raoul*) et *divers*.... 1805
BUSER (PIERRE) et PIERRE BORENSTEIN. — Variations caractéristiques des réponses sensorielles « associatives » du cortex cérébral du Chat en fonction du degré général d'activation corticale.... 93
BUSSIÈRE (PAUL). — Voir *Eyraud* (*Charles*) et *divers*...... 905
BUSSIÈRE (PAUL), BARTHÉLEMY DOMANSKI, CHARLES EYRAUD et MARCEL PRETTRE. — Sur l'évaporation du platine au cours de la combustion du méthane (utilisation de ^{197}Pt)...... 1870
BUTTERLIN (JACQUES). — « La constitution géologique et la structure des Antilles ». Préface de *Louis Barrabé*...... 1262
BUTZER (PAUL L.). — Sur la théorie des demi-groupes et classes de saturation de certaines intégrales singulières...... 1473
BUVAT (ROGER). — Variations saisonnières du chondriome dans le

MM. Pages.

cambium de *Robinia pseudoacacia*. 1908
— Id. dans les cellules parenchymateuses du phloème de *Robinia pseudoacacia* 2127
BUYLE-BODIN (Maurice). — Effet des fluctuations de pente sur la sensibilité des autooscillateurs.... 1618
BYKOV (K. M.). — Adresse des condoléances à l'occasion de la mort de M. *André Mayer* 1587

C

CABANNES (Henri). — Sur les mouvements rectilignes non stationnaires d'un fluide compressible visqueux et conducteur 1482
— Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
CABARAT (Robert). — Le prix Henry Le Chatelier lui est décerné.. 1964
— Adresse des remercîments......... 1984
— Voir *Portevin* (*Albert*) et *Robert Cabarat* 1085
CABROL (Christian). — Voir *Cordier* (*Gaston*) et *Christian Cabrol*. 1963, 1984
CACHERA (Mme René), née Édith MAGRAH. — Un prix Lannelongue lui est décerné........... 1963
— Adresse des remercîments......... 1984
CADIOT (Paul). — Voir *Chodkiewicz* (*Wladislaw*) et *Paul Cadiot*. 280, 1890, 2092
CAGNIANT (Mme Paul), née Denise PLESSIS. — Voir *Wurtz* (*Benoît*) et Mme *Denise Cagniant* 752
CAHEN (Michel). — Conditions d'intégrabilité du champ électromagnétique singulier 737
CAHN (Théophile) et Jacques HOUGET. — Sur la transformation des glucides en lipides au cours de l'absorption intestinale chez le Lapin 407
CAILLETET (Louis-Paul). — M. *Pierre Chevenard* est délégué à l'inauguration du monument à sa mémoire, à Saint-Marc-sur-Seine, le 2 décembre 1956 1181
CAISSE NATIONALE DES LETTRES. — M. *Paul Montel* est délégué dans le Comité de direction 1818
CALAORA (Albert). — Voir *Gavreau* (*Vladimir*) et *Albert Calaora* 1840
CALAS (Raymond). — Voir *Valade* (*Jacques*) et *Raymond Calas* 386
CALAS (Raymond) et Robert LALANDE. — Photopolymérisation d'un nouveau dérivé anthracénique méso-disubstitué 502
CALAS (Raymond) et Émile FRAINNET. — Structure du produit de monoaddition du trichlorosilane au nopinène 595
CALMAR (Coriolan) et Max COSTA. — Identification des complexes dans une solution de cyanure de potassium et de cuivre 56
CAMBAR (Roger). — Modalités de la différenciation des tubes excréteurs formés tardivement, au cours du développement normal du mésonéphros (Amphibiens anoures)... 194
CAMEFORT (Henri). — L'acide ribonucléique dans l'oosphère et le proembryon du *Pinus Laricio* var. *austriaca* 2134
CAMICHEL (Charles). — Indétermination d'un tourbillon 620
CAMPBELL (Robert). — Détermination effective de toutes les moyennes de Cesàro d'ordre entier pour des séries de polynomes orthogonaux comprenant ceux de Laguerre et de Hermite 882
— Sur certains procédés de sommation simples relatifs à des séries de polynomes orthogonaux et à des séries de Neumann 1007
CAQUOT (Albert). — Fait hommage de son « Traité de mécanique des sols », 3e édition, en collaboration avec M. *Jean Kerisel* 1005
— Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
— Membre du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique pendant les trois prochaines années scolaires 830
— Délégué au Bi-centenaire de la nais-

MM. Pages.

sance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956 935
— Réélu membre des Commissions administratives 1817
— Rapport des prix sur le fonds des Laboratoires 1968
— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')* 1811
CARASSO (Mlle NINA). — Voir *Grassé (Pierre-P.)* et *divers* 337
CARAYON-GENTIL (Mme AMÉDÉE), née ABIGAËL KRAMERS. — Voir *Hazard (René)* et *divers* 2180
CARBENAY (FERNAND). — L'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques sur ondes kilométriques et myriamétriques 1904
CARDEY (FRANÇOIS). — Voir *Henin (Stéphane)* et *divers* 1899
CARDOT (JEAN). — Voir *Jullien (Antoine)* et *divers* 456
CARO (PAUL). — Voir *Achard (Jean-Claude)* et *divers* 493
CARRIÉ (ROBERT). — Sur l'hydrolyse du β-phényl et du β-méthyl β-phényl-dicyanopropionate d'éthyle ... 1213
CARTAN (ÉLIE). — MM. *Jacques Hadamard* et *Léon Moret*, sont délégués à l'inauguration des plaques commémoratives de *Déodat Gratet de Dolomieu* et *Élie Cartan*, à Dolomieu (Isère), le 16 septembre 1956 796
CARTAN (HENRI) [SÉMINAIRE]. — Voir *École Normale Supérieure* 546
CARTENSEN (HANS). — Countercurrent Distribution Studies of Steroidal Substances in Dog Aortic and Adrenal Vein Blood (imp.) ... 1005
— Id. of Adrenocortical Steroids and Steroidal Substances in the Aortic and Adrenal Vein Blood of Anaesthetized Dogs (Thèse, Uppsala) (imp.) 1005
CARTIER (PIERRE). — Séparation et identification de pyrophosphates dans le tissu osseux 982
CASADEVALL (ANDRÉ). — Voir *Cauquil (Mlle Germaine)* et *divers*. 159, 590
CASADEVALL (Mme ANDRÉ), née ÉLIETTE CIFFRE. — Voir *Cauquil (Mlle Germaine)* et *divers*. 159, 590
CASEAU (PAUL). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné 1968
CASSAGNAU (PAUL). — Modifications morphologiques expérimentales chez *Hypogastrura Boldorii* Denis (Collembole) 603
— Id. chez *Hypogastrura manubrialis* Tullberg (Collembole) 1361
CASSINIS (GINO). — Assiste à une séance 929
CASTERAS (MARCEL), MICHEL ARNOULD, PIERRE-FÉLIX BUROLLET, BERNARD CLAVIER et PHILIPPE DUFAURE. — Jurassique supérieur et Néocomien dans les Pyrénées centrales et orientales. 2104
CASTET (JEAN), JEAN DUBIEF et JEAN LACRULA. — Sur une zone d'importantes anomalies gravimétriques et magnétiques au Nord du Tanezrouft 1137
CAUCHOIS (Mlle YVETTE) et DIVERS. — Action des rayonnements de grande énergie sur les solides (imp.) 12
CAUDERON (Mme ANDRÉ), née YVONNE BOUGROS. — Étude comparative du comportement en méiose de quelques *Agropyrum* et de leurs hybrides F_1 1054
CAUJOLLE (FERNAND), Mlle DENISE MEYNIER et M. JEAN-MARIE FARTHOUAT. — Sur la toxicité des acides et diéthylamides de la série vanillique 609
CAUJOLLE (FERNAND), MICHEL LESBRE, Mme DENISE MEYNIER et M. GILBERT DE SAQUI-SANNES. — Toxicité du monohydrotriéthylétain et du monohydrotripropylétain à l'égard de la Souris et du Lapin 987
CAUJOLLE (FERNAND), Mlles DENISE MEYNIER, PAULE AURIAC, SOPHIE FRAJDENRACH et M. LAURY TROPLENT. — Sur la toxicité des aldéhydes phtaliques. 1933
CAULLERY (MAURICE). — Rapport du prix Foulon de zoologie 1962
CAUQUIL (Mlle GERMAINE), Mme ÉLIETTE CASADEVALL et M. ANDRÉ CASADEVALL. — Réarrangements en série hétérocyclique. Synthèse de quelques monocétones dérivées d'alcoyl-10 phénothiazines 159
— Réactions de lithioalcoyl-10 phénothiazines avec l'anhydride carbonique et les sels de lithium d'acides organiques 590
CAUSERET (JEAN), Mlle DENISE HUGOT et M. MICHEL FLANZY. — Influence de l'alcool éthylique sur le bilan azoté chez le Rat 313
CAVIER (RAYMOND) et XAVIER MOS-

MM. Pages.

SION. — Nouveaux essais d'infestation expérimentale de la Ratte par *Trichomonas vaginalis* (Donné, 1837) 1807

CAYROL (René). — Influence de l'alimentation et de l'effet de groupe sur la pigmentation des chenilles de *Plusia gamma* L. 601

ČEHOVIČ (Georges) [Dorđe]. — Sur la pénétration de l'iode radioactif (^{131}I) dans l'hypophyse de Grenouille (*Rana temporaria*) 1450

— Une bourse lui est attribuée sur le fonds des Bourses 1969

CENTRE D'ÉTUDES ET DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES [Biarritz]. — Bulletin. Tome I, fasc. 1 (imp.) 1263

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. — Calendrier des réunions et Congrès scientifiques internationaux prévus pour l'année 1957 (polycopie) 1986

CERF (Roger). — Sur la théorie des propriétés hydrodynamiques des solutions de macromolécules en chaînes 1875

CERF (Roger) et Mlle Eva MAYER. — Mesures d'absorption dans les liquides par interférométrie ultrasonore. Détermination de l'absorption intrinsèque d'une macromolécule en solution 148

CERN. — Voir *Organisation européenne pour la recherche nucléaire*

CESCHINO (Francis). — L'intégration approchée des équations différentielles 1478

CHABAUD (Alain-G.). — Remarques sur les Nématodes parasites du cæcum des Éléphants, milieu très préservé des phénomènes de sélection 436

CHABRIER (Pierre). — Voir *Giudicelli (René)* et *divers* 108, 1931

— Voir *Hazard (René)* et *divers* 2180

CHADEFAUD (Marius). — Sur un *Labyrinthula* de Roscoff 1794

CHADENSON (Mlle Michèle). — Voir *Molho (Darius)* et Mlle *Michèle Chadenson* 780

CHAIGNEAU (Marcel). — Action du chlorure et du bromure d'aluminium sur les pentoxydes de niobium et de tantale 957

CHALAZONITIS (Nicolas). — Voir *Arvanitaki* (Mme *Angélique*) et *divers* 307

CHALAZONITIS (Nicolas) et Masanori OTSUKA. — Activité succinoxydasique d'éléments subcellulaires du cortex cérébral du Bœuf. 978

CHAMFY (Mlle Christiane). — Sur les coefficients de certaines fonctions méromorphes dans le cercle-unité. 225

CHAMPETIER (Georges). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne 216

CHAMPETIER (Georges), Eric KELECSENYI-DUMESNIL, Gilles MONTEGUDET et Jean PETIT. — Sur l'utilisation des N-diéthylaminohydroxypropyl-celluloses comme échangeurs anioniques 269

CHAMPETIER DE RIBES (Gérard) et M. AUBAGUE. — Territoire du Cameroun. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000e. Levés effectués de 1950 à 1953. Notice explicative sur la feuille Yaoundé-Est (imp.) 1588

CHAMPIER (Georges). — Réalisation de monocristaux de lithium 657

CHAMPIGNY (Mlle Marie-Louise). — L'incorporation de $^{14}CO_2$ dans les aminoacides des feuilles de *Bryophyllum Daigremontianum* Berger en photosynthèse 83

CHAMPY (Christian). — Présente un Ouvrage, publié sous la direction de *J.-André Thomas* 1984

CHANÉ (Jean-Paul). — Voir *Tirouflet (Jean)* et *Jean-Paul Chané* 500

CHANU (Jacques). — Potentiel thermoélectrique stationnaire dans les solutions ioniques en équilibre Soret 239

CHAPIRO (Adolphe). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers* 12

CHAPTAL (Jean). — MM. *Gabriel Bertrand, Maurice de Broglie, Marcel Delépine, Albert Caquot, Paul Lebeau, Albert Portevin, Albert Pérard, Louis Hackspill, Paul Pascal, Pierre Chevenard, Georges Darrieus, Charles Dufraisse, Philibert Guinier, Georges Chaudron* sont délégués au Bicentenaire de sa naissance, au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956 935

CHARBONNIÈRE (Robert). — Voir *Abadie (Paul)* et *divers* 1110, 1970

CHARCONNET (Mme André), née Francine HARDING et Mlle Thérèse TERROINE. — Pro-

MM. Pages.
tection par l'acide ascorbique contre les troubles du métabolisme du tryptophane en carence B_2.... 866
CHARLET (Mme PIERRE), née GENEVIÈVE LERY et M. ZELMEN ZELTER. — Age et digestibilité chez le Porc.................. 615
CHARLOT (GASTON). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216
CHARNIAUX-COTTON (Mme HÉLÈNE) [Mme EUGÈNE COTTON]. — Existence d'un organe analogue à la « glande androgène » chez un Pagure et un Crabe............ 1168
CHARRU (ANDRÉ). — Montage à 3 000 MHz, pour l'étude de la résonance paramagnétique électronique et du signe du facteur de Landé........................ 652
— Voir *Loudette* (*Pierre*) et *André Charru*........................ 251
CHASSIN (ANDRÉ). — Tectonique des environs d'Angoulême........... 912
CHÂTELET (ALBERT) et PAUL DUBREIL [SÉMINAIRE]. — Voir *Faculté des Sciences de Paris*..... 546
CHATONNET (JOSEPH) et MAURICE TANCHE. — Sur l'existence, dans la moelle épinière, de voies nerveuses distinctes pour la commande du frisson............. 412
CHAUCHARD (PAUL) et Mme HENRIETTE MAZOUÉ. — Recherches pharmacologiques sur les métachronoses audiogènes........... 89
CHAUDRON (GEORGES). — Signale la présence de M. *Nil Ratan Dhar*... 5
— Délégué au bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956............. 935
— Présente deux Ouvrages de M. *Maurice Dodé* et de M. *H. Pariselle*... 1704
— Rapport du prix Montyon des arts insalubres..................... 1961
— Id. de la médaille Berthelot....... 1961
— Voir *Enseignement scientifique* (*Commission de l'*)................. 1811
CHAURIS (LOUIS), LOUIS DANGEARD, MAURICE J. GRAINDOR et ALBERT F. DE LAPPARENT. — Les principaux batholites granitiques du Bocage normand sont antérieurs à la transgression cambrienne............ 77
CHAUVIN (RÉMY). — Sur un principe de la gelée royale d'Abeilles, actif dans la glycémie des Mammifères. 1920
— Le prix Fanny Emden lui est décerné....................... 1964
— Adresse des remercîments......... 1984
CHÉDID (LOUIS). — Voir *Courrier* (*Robert*) et *Louis Chédid*........ 1001
CHÉDIN (JEAN). — Voir *Fénéant* (Mme *Suzanne*) et M. *Jean Chédin*. 41
CHEMLA (MARIUS). — Voir *Bonnin* (*André*) et *Marius Chemla*...... 1112
CHEVALIER (AUGUSTE). — M. *Pierre Dangeard* adresse des condoléances à l'occasion de sa mort.......... 117
— Son remplacement dans le Conseil de perfectionnement de l'Institut National agronomique.......... 1587
CHEVAUGEON (JEAN). — Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique occidentale (imp.).... 1090
CHEVENARD (PIERRE). — Délégué au bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956............ 935
— Id. à l'inauguration d'un monument à la mémoire de *Louis-Paul Cailletet* et au vingt-cinquième anniversaire de la *Société des Forges de Chênecières*, à Saint-Marc-sur-Seine, le 2 décembre 1956. 1181
— Rapport du prix Theurlot......... 1964
— Id. du prix du Calcul mécanique... 1964
— *Voir Enseignement scientifique* (*Commission de l'*)................. 1811
CHEYMOL (JEAN). — Voir *Hazard* (*René*) et *divers*................ 2180
CHIGHIZOLA (Mlle RENÉE). — Voir *Mouriquand* (*Georges*) et *divers*... 731
CHIROL (CLAUDE). — Voir *Kourilsky* (*Raoul*) et *divers*.............. 1369
— Voir *Richou* (*Rémy*) et *divers*...... 1174
CHODKIEWICZ (WLADYSLAW) et PAUL CADIOT. — Préparation d'amides et de nitriles β-alcools diarylés : déshydratation en dérivés α-éthyléniques correspondants....................... 280
— Méthode de préparation de cétones diéthyléniques : diaryl-1.1 diphényl-5.5 pentadiène-1.4 one-3.... 1890
— Id. : tétra-aryl-1.1.5.5 pentadiène-1.4 ones-3.................... 2092
CHOPIN (JEAN). — Sur la méthoxy-7 dihydroxy-5.8 flavanone........ 588
— Sur les diméthoxy-7.8 et diméthoxy-6.7 hydroxy-5 flavanones.. 745
CHOPIN (JEAN), DARIUS MOLHO, HENRI PACHÉCO et CHARLES MENTZER. — Sur la structure

MM. Pages.

d'un nouveau dérivé flavonique isolé du cœur de merisier (*Prunus avium*) 712
CHOQUET (GUSTAVE). — Unicité des représentations intégrales au moyen de points extrémaux dans les cônes convexes réticulés 555
— Les noyaux réguliers en théorie du potentiel 635
— Existence des représentations intégrales au moyen des points extrémaux dans les cônes convexes ... 699
— Existence des représentations intégrales dans les cônes convexes ... 736
— Le prix Carrière de mathématiques lui est décerné 1960
— Adresse des remercîments 1984
CHOQUET (GUSTAVE) et JACQUES DENY. — Aspects linéaires de la théorie du potentiel. Théorème de dualité et applications 764
CHOUARD (PIERRE). — Voir *Thomas (J.-André)* 1984
CHOUARD (PIERRE) et Mlle MARIE-ROSE WEBER. — Un nouveau type de vernalisation chez une plante vivace, la Benoîte, *Geum urbanum* L. 1659
CHOUBERT (BORIS). — Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Feuille de Cayenne et Notice explicative (imp.) 1985
CHOUBERT (GEORGES). — Voir *Fallot (Paul)* 343
CHOUBERT (GEORGES), PETER EBERHARDT, JOHANNES GEISS, FRIEDRICH GEORG HOUTERMANS et PETER SIGNER. — Les « âges conventionnels » des galènes de certains gisements de plomb du Maroc 286
CHOUBERT (GEORGES), Mlle ANNE FAURE-MURET et Mme ÉLISABETH JÉRÉMINE. — Sur les massifs éruptifs du Jebel Tarfaïa (Haut Atlas oriental), leurs contacts et leurs enclaves 394
CHOUBERT (GEORGES), FERNAND JOLY, MARCEL GIGOUT, JEAN MARÇAIS, JEAN MARGAT et RENÉ RAYNAL. — Essai de classification du Quaternaire continental du Maroc 504
CHOUBERT (GEORGES), Mlle ANNE FAURE-MURET et M. PAUL LÉVÊQUE. — Au sujet des grès de Guettioua et des empreintes de Dinosauriens de la région de l'Oued Rhzef (Atlas marocain) ... 1639
CHOVIN (PAUL). — Voir *Moureu (Henri)* et *divers* 910
CHOVITZ (BERNARD H.). — A general formula for ellipsoid-to-ellipsoid mapping (imp.) 117
CHRISTOL (HENRI). — Voir *Mousseron (Max)* et *divers* 1532
CIBA FOUNDATION. — Symposium : Porphyrin biosynthesis and metabolism. — Extrasensory perception. — Histamine (imp.) 546
— Id. Colloquia on Ageing. Vol. 2 : Ageing in transient tissues. — Colloquia on Endocrinology. Vol. 9 : Internal Secretions of the Pancreas (imp.) 546
— Symposium on Bone Structure and Metabolism, by *G. E. W. Wolstenholme* and *Cecilia M. O'Connor* (imp.) 764
— Id. on Paper electrophoresis (imp.) .. 882
— Id. on Ionizing Radiations and Cell Metabolism (imp.) 1588
CIER (ANDRÉ). — Voir *Drevon (Barthélemy)* et *divers* 607
CIUCA (M.). — Voir *Academia Republicii populare Romine* 1091
CIZERON (GEORGES) et PAUL LACOMBE. — L'effet de cycles répétés de part et d'autre du point de transformation A_3, sur la structure de barreaux de fer fritté et de fer compact 951
CIZERON (GEORGES) et PIERRE COULOMB. — Sur la mise en évidence de la polygonisation du fer par la méthode du contraste de phase interférentiel 1037
CLAUDE (ANDRÉ). — Hommage à André Claude, 1900-1955 (imp.) .. 1984
CLAUDEY (Mlle DENISE). — Voir *Jullien (Antoine)* et *divers* 456
CLAUSER (HUBERT). — Voir *Gautheron (Mlle Danièle)* et *divers* 605
— Voir *Volfin (Pierre)* et *divers* 522
CLAVERT (JEAN). — Voir *Vintemberger (Pierre)* et *Jean Clavert* 2149
CLAVIER (BERNARD). — Voir *Casteras (Marcel)* et *divers* 2104
CLÉMENT (GUY), Mmes JACQUELINE CLÉMENT et JEANINE RAULIN. — Signification de la lipolyse dans la toxicité des régimes riches en acides gras désaturés libres, surchargés en cholestérol 421
CLÉMENT (Mme GUY), née JACQUELINE CHAMPOUGNY. — Voir *Clément (Guy)* et *divers* 421

MM. Pages.
COCHET (Robert). — Théorie de la charge des particules submicroniques dans les champs électriques ionisés; vitesse de précipitation de ces particules 243
— Voir *Pauthenier (Marcel)* et *divers*... 1606
CODACCIONI (Mme Antoine), née Madeleine MAILLARD. — Phyllotaxie du Châtaignier, étude des cas normaux 1056
COHEN (Joseph). — Mesure de l'effet Hall sur des alliages palladium-métaux diamagnétiques 1105
— Contribution à l'étude experimentale des interactions du type champ moléculaire. Cas des solutions solides d'un métal ferromagnétique ou d'un métal antiferromagnétique dans le palladium... 1613
— Étude des alliages ternaires palladium-nickel-cuivre 1845
COLAS (Mme Georges), née Juliette LAGABRIELLE. — Voir *Richard (Mlle Laure)* et *divers* 1918
COLLET (André). — Voir *Policard (Albert)* et *divers* 8
COLLET (Luc-Henry). — Sur la recherche d'une électrosmose hors de tout milieu filtrant 266
COLLIGNON (M.). — Voir *Besairie (Henri)* 1817
COLLOQUE INTERNATIONAL DES PROBLÈMES PHYSIQUES DE LA TÉLÉVISION EN COULEURS. — L'Académie est informée de la réunion de ce Colloque à Paris, du 2 au 6 juillet 1957, sous le patronage de l'Union internationale de Physique pure et appliquée 1706
COLLOQUE INTERNATIONAL DU FER. — Actes du Colloque International. Le fer à travers les âges. Hommes et Techniques (Nancy, 3-6 octobre 1955) (imp.) 1704
COLOMBO (Serge). — Sur les solutions de l'équation de Laplace dans le cas d'une symétrie cylindrique 1471
COLONGE (Jean) et Jacques DREUX. — Sur la condensation des esters d'acides à groupement méthylène actif avec les α-cétols 498
COLONGE (Jean), Jacques DREUX et Michel THIERS. — Réaction d'addition de Michael entre aldéhydes α-éthyléniques et cétones saturées 1425
COLONGE (Mme R. M. Andrée). — Voir *Courrier (Robert)* et *divers*. 5, 333
COLONNETTI (Gustavo). — L'équilibre des voiles minces hyperstatiques 761
— Id. (Le cas des voiles cylindriques).. 793
— Id. (Le cas des voiles de surface minimum) 1087 1701
COMBES (Raoul). — Signale la présence de M. *Frits Went* 1373
— Réélu au Conseil de perfectionnement de l'Institut national Agronomique 1587
COMBRISSON (Jean). — Voir *Abragam (Anatole)* et *Jean Combrisson* 576, 650
COMITÉ CONSULTATIF DU LANGAGE SCIENTIFIQUE. — L'Académie des Sciences adopte plusieurs suggestions de ce Comité... 114
COMITÉ NATIONAL DE LA CHIMIE. — Voir *Dufraisse (Charles)* 545
COMITÉ NATIONAL DES SCIENCES PHYSIOLOGIQUES. — Constitution de ce Comité 329
COMMISSION DE GÉOLOGIE DE BELGIQUE. — Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Légende générale. Quatrième édition. Additions et modifications, 1955 (imp.) 635
CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE GENÈVE SUR L'UTILISATION DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE A DES FINS PACIFIQUES. — Actes de la Conférence, août 1955. Vol. XI : Effets biologiques des rayonnements (imp.) 1818
CONGRÈS AUTRICHIEN DE MATHÉMATIQUES. — M. *Arnaud Denjoy* rend compte de ce Congrès, à Vienne, du 17 au 23 septembre. 877
CONGRÈS INTERNATIONAL DE CHIMIE ANALYTIQUE. — M. *René Fabre* rend compte des travaux du XVe Congrès 830
CONGRÈS INTERNATIONAL DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE. — La délégation française au XVe Congrès, à Lisbonne, du 9 au 16 septembre 1956 est constituée 216
CONGRÈS INTERNATIONAL DE CHRONOMÉTRIE. — Procès-verbaux et Mémoires du Ve Congrès, recueillis par *Paul Libessart* et présentés par *René Baillaud* (imp.) 735
CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA

MM. Pages.
SCIENCE DU SOL. — L'Académie est informée de la réunion du VI[e] Congrès, à Paris, à partir du 29 août 1956.............. 735
— Extrait des rapports présentés au VI[e] Congrès. Paris, 1956 (imp.).. 1818
CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — La délégation française au IX[e] Congrès, à Bruxelles, du 5 au 13 septembre 1956 est constituée. 216
— MM. *René Thiry*, *André Auriol*, *Théodore Vogel* sont délégués également........................ 755
— M. *Joseph Pérès* rend compte du IX[e] Congrès.................. 829
CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHOTOGRAMMÉTRIE. — M. *Georges Poivilliers* est délégué au VIII[e] Congrès, à Stockholm...... 12
CONGRÈS INTERNATIONAL DES COMMUNICATIONS. — L'Académie est informée de la réunion du IV[e] Congrès, à Gênes, du 7 au 12 octobre 1956............ 545
CONGRÈS INTERNATIONAL DU CANCER. — Le VII[e] Congrès se tiendra à Londres, du 6 au 12 juillet 1958................ 1587
CONGRÈS INTERNATIONAL POUR L'ÉTUDE DU QUATERNAIRE. — L'Académie est informée de la réunion du V[e] Congrès, à Madrid et à Barcelone, du 20 septembre au 3 octobre 1957............ 735
CONGRÈS MONDIAL DE L'ALLIANCE FRANÇAISE. — Voir *Broglie (Louis de)*............. 1704
CONGRÈS NATIONAL DES SCIENCES MÉDICALES DE BUCAREST. — Un Congrès se tiendra du 25 au 30 novembre 1956...... 830
— Ce Congrès est remis du 5 au 11 mai 1957.................. 1985
COPERNIC (NICOLAS). — Voir *Rytel (Alexander)*.................... 796
COPPENS (RENÉ). — Sur l'existence probable de corps radioactifs inconnus à émission α de très faibles parcours........................ 582
COPPENS (RENÉ) et YVES COPPENS. — Sur la radioactivité des « coquins » phosphatés des sables verts albiens de la carrière du plateau de Vassincourt (Meuse).......... 1046
COPPENS (ROBERT). — Voir *Avias (Jacques)* et *Robert Coppens*. 1647, 2196
COPPENS (YVES). — Voir *Coppens (René)* et *Yves Coppens*......... 1046

MM. Pages.
CORABŒUF (ÉDOUARD) et MASANORI OTSUKA. — L'action des solutions hyposodiques sur les potentiels cellulaires de tissu cardiaque de Mammifères................ 441
CORABŒUF (ÉDOUARD), CHARLES KAYSER et YVES-MICHEL GARGOUÏL. — Enregistrement parallèle de l'électrocardiogramme externe et de l'activité électrique d'une fibre myocardique unique chez trois Mammifères.......... 1444
— La repolarisation du myocarde au cours de l'hypothermie chez trois espèces de Mammifères : Cobaye, Spermophile (*Citellus citellus*) et Rat blanc..................... 1673
CORDIER (DANIEL). — Représentera l'Association des Physiologistes dans le Comité national des Sciences physiologiques......... 329
CORDIER (GASTON) et CHRISTIAN CABROL. — Le prix Jean Dagnan-Bouveret leur est décerné... 1963
— Adressent des remercîments....... 1984
CORSIN (PAUL) et ATHOS AREVIAN. — Sur la présence du Permien inférieur à plantes dans le vallon de Roya, près de Saint-Étienne-de-Tinée....................... 1776
COSTA (MAX). — Voir *Calmar (Coriolan)* et *Max Costa*........... 56
COSTA DE BEAUREGARD (OLIVIER). — Sur l'équivalence entre information et entropie et sur l'irréversibilité en Physique......... 1728
— Le réalisme de l'espace-temps : sur deux problèmes d'interprétation en Mécanique ondulatoire....... 1838
COTEREAU (HUBERT-YVES) et LOUIS DHENNIN. — Influence de l'estérification par l'acide myristique sur les effets respiratoires de la benzylmorphine................ 446
COTTET (JEAN). — Voir *Redel (Joseph)* et *divers*...................... 928
COTTON (LOUIS). — Voir *Janin (Joseph)* et *Louis Cotton*........... 580
COUCHET (GÉRARD). — Mouvements plans d'un fluide en présence d'un profil mobile (imp.)............ 1985
— Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
COUDER (ANDRÉ). — Délégué à la Cérémonie du troisième Centenaire de la naissance et du deuxième Centenaire de la mort

MM. Pages.
de *Fontenelle*, à Rouen 1468
COUFFIGNAL (Louis). — Résolution numérique des systèmes d'équations linéaires (imp.) 1182
— Voir *Institut de Calcul Blaise-Pascal*. 1706
COULMY (Geneviève). — Voir *Institut de Calcul Blaise-Pascal* 1706
COULOMB (Pierre). — Voir *Cizeron (Georges)* et *Pierre Coulomb*..... 1037
COULON (Jean) et Georges GAYRARD. — Mesure de l'état hygrométrique des gaz au moyen de résistances hygrométriques....... 573
COURRIER (Robert). — Notice sur la vie et les travaux de *Serge Winogradsky*, Associé étranger de l'Académie 1969
— Délégué dans le Comité national des Sciences physiologiques 329
— Délégué aux Cérémonies du Souvenir organisées par la Fédération des Médecins du Front, le 11 novembre à la Faculté de Médecine et le 18 novembre au Val-de-Grâce 1262
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Dépose sur le Bureau le « Volume offert en hommage à M. Arnaud Denjoy » 1586
— Rapport de la fondation du Docteur et de Mme Peyré 1963
— Id. du prix Henri de Parville d'ouvrages de sciences 1964
— Id. du prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet 1965
— Id. du prix Laura Mounier de Saridakis 1966
— Id. du prix du Docteur et de Mme Henri Labbé 1966
— Id. du fonds des Laboratoires 1968
— Id. du fonds des Bourses 1969
— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')* 1811
COURRIER (Robert), Jean ROCHE, Mme Odette MICHEL, M. Raymond MICHEL et Mme R. M. Andrée COLONGE. — Action de diverses hormones thyroïdiennes et de l'acide 3 : 5 : 3'-triiodothyroacétique sur la fixation des iodures par le corps thyroïde 5
COURRIER (Robert), François MOREL, Louis ZIZINE et Alexandre PSYCHOYOS. — Action des œstrogènes, des androgènes et des corticostéroïdes sur l'activité thyroïdienne 217
COURRIER (Robert), François MOREL et Mme Andrée COLONGE. — Action de la thyroxine sur la thyroïde d'animaux porteurs de lésions hypothalamiques 333
COURRIER (Robert) et Louis CHÉDID. — Substances antihistaminiques et fonction du corps jaune de l'ovaire 1001
COURRIER (Robert) et Louis ZIZINE. — Nouvelle contribution à l'étude des rapports entre la post-hypophyse et la thyroïde 1577
COURY (Mme Andrée). — Voir *Brunn (Walter von)* 1983
COURY (Charles). — Voir *Brunn (Walter von)* 1983
CRAUSSE (Étienne). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
CRAUSSE (Étienne) et Yves POIRIER. — Sur l'étude analogique d'infiltrations en milieux poreux anisotropes par la méthode du papier conducteur 475
CRAYA (Antoine). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
CRÉMIEU (Mlle Annette). — Voir *Petit (Georges)* et *Mlle Annette Crémieu* 360
CRÉTÉ (Pierre). — Rubiacées. Développement de l'embryon chez le *Diodia Dasycephala* Cham. et Schlecht 861
CROISOT (Robert). — Voir *Lesieur (Léonce)* et *Robert Croisot* 1988
CROUZY (Raymond). — Au sujet de la variation du seuil différentiel successif de luminance, en fonction de la luminance, dans le domaine scotopique 920
CÜER (Pierre), Mlle Christiane GÉGAUFF et M. Jean-Pierre LONCHAMP. — Sur une méthode de discrimination des particules chargées dans les émulsions nucléaires par révélation physique 709
CURCHOD (Jean). — Voir *Pelletier (Mlle Simonne)* et *divers* 1868
CURIEN (Hubert). — Voir *Cauchois (Mlle Yvette)* et *divers* 12
CUSSET (Francis). — Voir *Becker (Friedrich)* 1983

D

MM. Pages.

DAHR (Nil Ratan). — Assiste à une séance ... 5
DALIMIER (Paul). — Voir *Institut des Parcs Nationaux du Congo belge* ... 546
DALLWIGK (Édouard). — Voir *Briner (Émile)* et *Édouard Dallwigk* ... 630
DAMANSKI (Alexandre F.), Vladimir C. ARSENIJEVIC et Mme Lucie S. ARSENIJEVIC. — Combinaison équimoléculaire d'acide *d*-tartrique et d'acide *l*-malique dans le suc de raisin vert ... 919
DANGEARD (Louis). — Voir *Chauris (Louis)* et *divers* ... 77
DANGEARD (Pierre). — Adresse des condoléances à l'occasion de la mort de M. *Auguste Chevalier* ... 117
— Pose sa candidature à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux* ... 1262
— Présenté en deuxième ligne ... 1575
DANGEARD (Pierre) et Henri PARRIAUD. — Sur quelques cas de développement apogamique chez deux espèces de *Codium* de la région du Sud-Ouest ... 1981
DANJON (André). — Signale la présence de plusieurs Membres du Comité international des Poids et Mesures ... 929
— Rapport du prix Saintour ... 1965
DANZÉ (Jacques). — A propos des Sphénoptéridées et de *Sphenopteris* ... 1902
DAO (Mlle Simone). — A propos de l'action du tryptophane sur l'*Acetabularia mediterranea* Lamour ... 1552
DAOU (Joseph) et Rodolphe VIALLARD. — Sur la conductibilité électrique du système cérium-hydrogène ... 2050
DARCHEN (Roger). — La reine d'*Apis mellifica* et les constructions cirières ... 439
DARMOIS (Eugène). — Signale la présence de M. *Mahmoud Hessaby* ... 1465
— Rapport du prix Hughes ... 1961
— Id. du prix Rochat-Juliard ... 1961
— Voir *Walden (Paul)* ... 1983
DARMOIS (Mme Eugène), née Geneviève SUTRA. — Sur la résistivité des films métalliques très minces ... 241, 1024
DARMOIS (Mme Eugène), née Geneviève SUTRA et M. Sylvain JANSSEN. — Sur la résistance électrique des alliages cuivre-aluminium ... 1496
DARMOIS (Georges). — Délégué à la XXXe Session de l'Institut international de Statistique, à Stockholm ... 1587
— Rapport du prix Montyon de Statistique ... 1964
DARMOIS (Robert). — La méthode de séparation par diffusion thermique dans les hydrocarbures liquides ... 263
DARRIEUS (Georges). — Fait hommage d'un Ouvrage de M. *André Ferry* : « Grandeurs et Unités. Exposé critique des principaux systèmes. Système Giorgi », dont il a écrit la Préface ... 881
— Présente un Ouvrage de M. *Raymond Marchal* ... 12
— Délégué au Centenaire de la naissance de *Nikola Tesla*, à Belgrade. 12
— Rend compte de ces Cérémonies ... 343
— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles ... 216
— Délégué au bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956 ... 935
— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')* ... 1811
DAUBERT (André). — Voir *Kravtchenko (Julien)* et *André Daubert*. 2006
DAUDEL (Raymond). — Les fondements de la Chimie théorique. Mécanique ondulatoire appliquée à l'étude des atomes et des molécules. Préface de *Louis de Broglie* (imp.) ... 881
— Le prix Louis Bonneau lui est décerné ... 1966
— Adresse des remercîments ... 1984
DAUDEL (Mme Raymond), née Pascaline SALZEDO. — Voir *Thuillier (Mme Germaine)* et Mme *Pascaline Daudel* ... 147

MM. Pages.

DAUTREPPE (Daniel). — Voir *Dreyfus (Bernard)* et *Daniel Dautreppe*. 1517

DAUTREVAUX (Michel) et Gérard BISERTE. — Nouvelles séquences peptidiques de la polymyxine B.. 923

DAUVILLIER (Alexandre). — Adresse son Ouvrage : « L'origine des Planètes »............ 1090

— Sur la nature des nuages de Vénus.. 1257

DAVID (Jean-Pierre). — Voir *Perrot (Marcel)* et *divers*............. 367

DAVID (Robert). — Voir *Boullé (André)* et *Robert David*......... 495

DAVID (Serge) et Mme Jacqueline MONNIER. — Une nouvelle dégradation de l'échinuline........ 597

DAVIDOV (A. S.). — Assiste à une séance........................ 217

DAVIN (Marcel). — Sur la vibration forcée d'un sol stratifié.... 352, 565

DAVION (Maurice). — Mesure de la vitesse de croissance de cristaux de chlorure de potassium au sein d'une solution................. 1222

DAVYDOFF (Mlle Sylvie). — Efficacité biologique relative du tritium et de divers rayonnements γ. 1455

— Influence des facteurs nutritifs sur la survie de *Serratia indica* après irradiation γ.................. 1683

DEBRAUX (Mlle Germaine) et M. Pierre GAVAUDAN. — Les virescences florales provoquées chez *Tropæolum majus* L. par l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique et l'existence de sporophylles chez les Angiospermes.............. 1906

DEBYSER (Jacques) et Pierre-Eugène ROUGE. — Sur l'origine du fer dans les eaux interstitielles des sédiments marins actuels.... 2111

DECAUX (Bernard). — Le prix Victor Raulin lui est décerné.......... 1962

— Adresse des remercîments......... 1984

DE CLERCQ (Mlle Monique) et M. René TRUHAUT. — Sur la synthèse et la toxicité de composés homologues de l'acide folique.... 2172

DÉCOMBE (Jean) et Mlle Monique PRÉTOT. — Sur la condensation des magnésiens avec les dinitriles $\alpha.\alpha'$-substitués................. 1332

DEDEBANT (Georges). — Une image hydrodynamique du courant de la haute atmosphère............ 1435

DEGRANGE (Charles). — La parthénogenèse facultative deutérotoque de *Centroptilum luteolum* (Müll.) (Éphéméroptère)............... 201

MM. Pages.

DELABY (Raymond). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne............... 216

DELABY (Raymond), Georges TSATSAS et Xavier LUSINCHI. — Synthèse de quinolyl-4 carbinols substitués..................... 2082

DELATTRE (Antoine) et Raphaël FENART. — L'hominisation du crâne est-elle terminée ?........ 429

DELAUNAY (Albert). — Voir *Bazin (Mlle Suzanne)* et *Albert Delaunay*. 1942

— Voir *Thomas (J.-André)*........... 1984

DELAVIER-KLUTCHKO (Mme Colette) [Mme Georges KLUTCHKO]. — Rôle du fer dans la formation de la phosphotransacétylase...................... 980

DELÉPINE (Gaston). — Pose sa candidature à la place de Membre non résidant vacante par la mort de M. *Henri Devaux*........... 1182

— Présenté en première ligne........ 1575

— Élu...................... 1586, 1705

DELÉPINE (Marcel). — Délégué au Bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956................... 935

— Son remplacement comme Membre de la Commission du Contrôle de la Circulation Monétaire......... 1705

— Réélu.......................... 1818

— Rapport du prix Émile Jungfleisch. 1961

— Id. du prix Millet-Ronssin......... 1965

DELPORTE (Eugène). — Son remplacement comme Correspondant pour la Section d'Astronomie.... 1467

DEMARTEAU-GINSBURG (Mme Hélène) [Mme Arthur GINSBURG]. — Nouvelles données sur la constitution du phtiocérol..... 2169

DEMOLE (Édouard). — Sur la présence d'isophytol dans l'essence absolue de jasmin............. 1883

DEMOULIN (G.). — Voir *Institut des Parcs Nationaux du Congo belge*.. 546

DENAEYER (Marcel E.). — Révision de la famille des Niligongites.... 80

DENISOFF (I.). — Voir *Institut des Parcs Nationaux du Congo belge*.. 546

DENJOY (Arnaud). — Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures... 1467

— Volume offert en hommage à M. *Arnaud Denjoy*, *in* Journal de Mathé

MM. Pages.

matiques pures et appliquées (imp.) 1586
— Signale la présence de M. *Salomon Lefschetz* 1697
— Rapport du prix Carrière de mathématiques 1960
— Voir *Enseignemert scientifique* (*Commission de l'*) 1811
DENY (JACQUES). — Voir *Choquet* (*Gustave*) et *Jacques Deny* 764
DEPIREUX (JOSEPH). — Voir *Duchesne* (*Jules*) et *divers*.... 144, 259
DÉRIBÉRÉ (MAURICE). — Comportement du Caméléon (*Chamælcon vulgaris* Daudin) dans les rayons invisibles 974
DERVICHIAN (DIKRAN G.). — Voir *Renaud* (*Paul*) et *divers* 24
DE SAEGER (HENRI). — Voir *Institut des Parcs Nationaux du Congo belge* 546
DESCHIENS (ROBERT), DIDIER BERTRAND et ROBERT ROMAND. — Sur la toxicité et la dose médicamenteuse du chlorure stanneux pour le Cobaye, le Lapin et la Souris 2178
DESMARET (MARCEL). — Voir *Robin* (*Jean*) et *divers* 1750
DESMEDT (JEAN-ÉDOUARD). — Voir *Jouvet* (*Michel*) et *Jean-Édouard Desmedt* 1916
DESSENS (HENRI) et JEAN DESSENS. — La formation artificielle de grands cumulus producteurs de pluie 814
DESTABLE (PIERRE). — Contribution à l'étude de la répartition des températures et des pertes de chaleur dans le sol en régime permanent 28
DESTOUCHES (JEAN-LOUIS). — La quantification en théorie fonctionnelle des corpuscules (imp.) 117
DESVEAUX (ROBERT) et Mme MADELEINE KOGANE-CHARLES. — Sur la présence de glycérol dans les graines de *Ricinus communis* et de *Linum usitatissimum* en germination 1929
DEVAUX (HENRI). — Son remplacement parmi les Membres non résidants..... 1182, 1262, 1262, 1575, 1586, 1705
DEVIENNE (MARCEL). — Nouvelle méthode de mesure du facteur total d'émission et du coefficient d'accommodation d'une surface 27
DEVILLERS (CHARLES). — Voir *Richard* (Mlle *Laure*) et *divers* 1918
DE WITTE (GASTON-FRANÇOIS). — Voir *Institut des Parcs Nationaux du Congo belge* 546
DEWULF (Mlle GINETTE) et M. FRANÇOIS GANS. — Détermination du pouvoir réflecteur du verre à base de pentaséléniure d'arsenic 1857
DEYHIMI (SOLEYMAN). — Adresse des remercîments pour la distinction accordée à ses travaux 735
DEYSSON (GUY). — Voir *Thomas* (*J.-André*) 1984
DHENNIN (LOUIS). — Voir *Cotereau* (*Hubert-Yves*) et *Louis Dhennin* 446
DIALINAS (JEAN). — Voir *Escande* (*Léopold*) et *Jean Dialinas* 461
DIVERNEAU (Mlle GISÈLE). — Voir *Nicolle* (*Pierre*) et *divers* 454
DIZABO (PIERRE). — Voir *Josien* (Mlle *Marie-Louise*) et *Pierre Dizabo* 44
DJELEPOV (BENEDIKT). — Assiste à une séance 217
DODÉ (MAURICE). — Sur la validité générale des relations réciproques de Gibert-Onsager 888
— Bases fondamentales et applications de la Thermodynamique chimique. Tome I. Les principes, les systèmes idéaux gazeux et avec phases condensées pures. Fasc. I (imp.) 1704
DOGNIN (ANDRÉ). — Conductibilité thermique des mélanges d'air et de gaz carbonique 840
DOLLFUS (AUDOUIN). — Photomètre à franges pour mesurer les différentes régions d'un objet observé dans une lunette 1833
— Photomètre à double image pour comparer les taches de la surface d'une planète 2023
DOLOMIEU (DÉODAT GRATET DE). — MM. *Jacques Hadamard* et *Léon Moret* sont délégués à l'inauguration des plaques commémoratives de *Déodat Gratet de Dolomieu* et *Élie Cartan*, à Dolomieu (Isère), le 16 septembre 1956 796
DOMANSKI (BARTHÉLEMY). — Voir *Bussière* (*Paul*) et *divers* 1870
— Voir *Eyraud* (*Charles*) et *divers* 905
DOMAR (YNGVE). — Harmonic analysis based on certain commutative Banach algebras (Thèse, Uppsala) (imp.) 13
DOUIN (ROBERT). — Pigments chlorophylliens des Bryophytes. Caroté-

MM. Pages.

noïdes des Bryates 1051

DOUZOU (Pierre). — Substitution d'hydrocarbures aromatiques au moyen du radical peroxyde ascorbique 46

DRAZIN (Michael). — Voir *Beale* (*Martin*) et *Michael Drazin* 123

DREUX (Jacques). — Voir *Colonge* (*Jean*) et *divers* 498, 1425

DREVON (Barthélemy), Claude NOFRE et André CIER. — Chromatographie des 2.4-dinitrophénylhydrazones des produits d'oxydation et de dégradation de l'acide ascorbique 607

DREYFUS (Bernard) et Daniel DAUTREPPE. — Effet d'impureté en résonance quadrupolaire 1517

DRILHON (Mme Marcel), née Andrée COURTOIS, MM. Jean FINE, José URIEL et Mlle Françoise LE BOURDELLES. — Étude électrophorétique des constituants du sérum de l'Anguille 1802

DROUARD (Mlle Élisabeth). — Localisation des groupes hydroxyles de l'acide tartrique droit cristallisé, par absorption infrarouge 370

DUBERT (Jean-Marie). — Sur la nature de la réponse secondaire .. 1939

DUBIEF (Jean). — Voir *Castet* (*Jean*) et *divers* 1137

DUBOIS (Georges). — Sur la visualisation en soufflerie d'écoulements supersoniques 2009

DUBOIS (Jacques-Émile). — Voir *Maroni* (*Pierre*) et *Jacques-Émile Dubois* 138, 996

DUBREIL (Paul). — Voir *Faculté des Sciences de Paris* 546

DUBREIL (Mme Paul), née Marie-Louise JACOTIN. — Le prix Henri de Parville de mécanique lui est décerné 1960

— Adresse des remercîments 1984

DUCHAUFOUR (Philippe). — Le prix Mme Albert Demolon lui est décerné 1963

— Adresse des remercîments 1984

DUCHESNE (Jules), André MONFILS et Joseph DEPIREUX. — Spectres nucléaires quadripolaires des β, γ et δ hexachlorocyclohexanes 144

— Action du rayonnement du Co^{60} sur le γ-hexachlorocyclohexane et considérations sur la radio-sensibilité. 259

DUCRET (Lucien). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne 216

DUCULOT (Camille). — Énergie de polarisation et réactivité chimique 378

DUFAURE (Philippe). — Voir *Casteras* (*Marcel*) et *divers* 2104

DUFAY (Claude). — Étude du phototropisme de *Triphæna pronuba* L. (Lépidopt. *phalænidæ*). Mise en évidence d'un seuil minimum de réaction 1153

DUFFAURE (André). — Un prix du Docteur et de Mme Henri Labbé lui est décerné 1966

DUFRAISSE (Charles). — Transmet une proposition pour la formation de la délégation française au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée 216

— Adresse le rapport annuel du Comité national de la Chimie 545

— Délégué au bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956 935

DUFRAISSE (Charles), André ÉTIENNE et Bernard RÜTIMEYER. — Synthèses à partir du péridiaminonaphtacène 878

DUFRÉNOY (Jean). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer* 1984

DUGHI (Raymond). — La signification des appareils apicaux des asques de *Gymnophysma* et de *Chlamydophysma* 750

— Appareils apicaux des asques et taxinomie des *Collema* 1911

DULEAU (Jacques). — Voir *Institut de Calcul Blaise-Pascal* 1706

DU MÉRAC (Mlle Marie-Louise). — Une Néoméridacée fructosanifère : *Cymopolia barbata* L. Harv. 714

— Voir *Augier* (*Jean*) et Mlle *Marie-Louise du Mérac* 1785

DUMONT (Claude). — Voir *Boissier* (*Jacques-R.*) et *divers* 529

DUPÉRON (Robert). — Influence du froid sur l'évolution des acides organiques hydrosolubles, non volatils, au cours de la germination des graines de *Brassica oleracea* var. *acephala* 1139

DU PLESSIS (Mlle Anne-Marie). — Voir *Nicolle* (*Pierre*) et *divers* ... 454

DUPONT (Mme Maurice), née Marie RAABE. — Mise en évidence,

MM. Pages.

chez les Phasmides, d'une troisième paire de *Nervi corporis cardiaci*, voie possible de cheminement de la substance chromactive tritocérébrale vers les *corpora cardiaca* 1240
— Rôle des différents éléments du Système nerveux central dans la variation chromatique des Phasmides . 1358
DUPUIS (Mme JACQUES), née THÉRÈSE DUVAL. — Étude des spectres d'absorption infrarouge de l'acide sulfamique ordinaire, de l'acide sulfamique lourd et de leurs sels.. 1621
DUPUY (JEAN). — Voir *Pauthenier* (*Marcel*) et *divers* 1606
DUPUY (PIERRE) et CLAUDE MOREAU. — Étude pour une méthode de préparation des alcanoates de métaux de transition... 1635
DURAND (ÉMILE). — Définition d'un élément de volume invariant pour un système en mouvement...... 354
— Définition d'un élément de surface invariant et d'un quadrivecteur unitaire pour une surface en mouvement 480
— Définition d'un élément de longueur invariant et d'un tenseur antisymétrique qui généralise le vecteur unitaire de la tangente à une courbe, quand cette dernière est en mouvement 570
DURAND (MARC). — Voir *Piaux* (*Léon*) et *Marc Durand* 1774
DURAND DELGA (MICHEL). — Sur les formations antémiocènes de l'archipel de la Galite (Tunisie)... 389
— L'évolution de l'archipel de la Galite au Néogène et au Quaternaire... 507
— Le prix Demolombe lui est décerné.. 1962
— Voir *Fallot* (*Paul*) et *divers* 1975
DUSTIN (PIERRE). — Voir *Thomas* (*J.-André*) 1984
DUTRIEU (Mlle JANINE). — L'œuf durable d'*Artemia salina* L. : conditions de vie et composition chimique 98
DUVAL (CLÉMENT). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne 216
DUVEEN (DENIS I.) et HERBERT S. KLICKSTEIN. — A bibliography of the Works of *Antoine-Laurent Lavoisier*. Analyse de *W. A. Smeaton* (imp.) 796

E

EBERHARD (PHILIPPE), LAZARE GOLDZAHL, EIICHI HARA et EUGÈNE ALEXANDRE. — Mesure de la diffusion élastique des rayons γ de 2,62 MeV dans le plomb, le bismuth et l'uranium... 1862
EBERHARDT (PETER). — Voir *Besairie* (*Henri*) et *divers* 544
— Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers* ... 286
ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE. — Séminaire Henri Cartan. 2e année : 1949-1950. Espaces fibrés et homotopie. 2e édition (polycopie). 546
— Liste d'envoi des échanges des « Annales scientifiques » (polycopie) 546
ÉCOLE POLYTECHNIQUE. — Une subvention Loutreuil lui est attribuée 1967
— Son Directeur adresse des remercîments 1985
EDEL (Mme HENRY), née VIOLETTE MOURIQUAND. — Voir *Mouriquand* (*Georges*) et *divers* 731
EHRESMANN (CHARLES) et SHIH WEISHU. — Sur les espaces feuilletés : théorème de stabilité.. 344
EHRHART (EUGÈNE). — Sur des polygones et des polyèdres particuliers 347
EINSTEIN (ALBERT). — Lettres d'Albert Einstein à Maurice Solovine (imp.) 1704
EISCHEN (GILBERT). — Voir *Forestier* (*Hubert*) et *divers* 1842
ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE (COMMISSION DE L'). — Sur le rapport, présenté par M. *Gaston Julia*, d'une Commission comprenant avec celui-ci, MM. *Armand de Gramont, Léon Binet, Louis de Broglie, Robert Courrier, Albert Caquot, Paul Lebeau, Camille Gutton, Arnaud Denjoy, Louis*

MM. Pages.

Fage, Albert Pérard, Louis Hackspill, Pierre Chevenard, Georges Poivilliers, Georges Darrieus, Maurice Roy, Georges Chaudron, l'Académie adopte un vœu en faveur d'une réforme de l'Enseignement scientifique 1811

EPSZTEIN (ROLAND) et ISRAËL MARSZAK. — Sur les composés acétyléniques à longue chaîne et leur cyclisation 283

ERB (EDMOND). — Voir *Uebersfeld (Jean)* et *Edmond Erb*..... 363, 2043

ERIKSSON (V.). — Voir *Fredrik (A.)* (imp.) 13

ESCANDE (LÉOPOLD). — Influence de la durée de fermeture dans les chambres d'équilibre déversantes à étranglement 1373

— Stabilité d'une chambre d'équilibre à montage Venturi placée sur le canal de fuite d'une usine 1973

— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216

ESCANDE (LÉOPOLD) et JEAN DIALINAS. — Méthode analytique pour le calcul des chambres d'équilibre déversantes avec apport de débit au-dessous de l'étranglement 461

ESCLANGON (ERNEST). — Voir *Becker (Friedrich)* 1983

ESCLANGON (FÉLIX). — Le prix Vaillant lui est décerné à titre posthume 1965

— Sa Veuve adresse des remercîments. 1984

ESQUEVIN (JACQUES). — Synthèse de la calamine et de la willémite à basse température 1334

ESSAD (SADI). — Analyse cytogénétique de deux amphidiploïdes *Lotium perenne* L. × *Festuca pratensis* Huds 670

ESSERMAN (NORMAN ABRAHAM). — Assiste à une séance 929

ÉTIENNE (ANDRÉ). — Voir *Dufraisse (Charles)* et *divers* 878

EULER (HANS VON) et HANS HASSELQUIST. — Influence de la température sur l'activité catalasique et peroxydasique des levures 1583

EVENO (MARCEL). — Voir *Meinnel (Jean)* et *divers* 1761

EYRAUD (CHARLES). — Voir *Bussière (Paul)* et *divers* 1870

— Voir *Turlier (Pierre)* et *divers* 659

EYRAUD (CHARLES), BARTHÉLEMY DOMANSKI et PAUL BUSSIÈRE. — Oxydation du méthane en phase homogène, par l'air ou l'oxygène « activé » sur platine incandescent 905

EYRAUD (LUCIEN). — Voir *Turlier (Pierre)* et *divers* 659

F

FABRE (JEAN). — Phtanites à algues d'eau douce dans le terrain houiller des Alpes 1897

FABRE (RENÉ). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne 216

— Rapport du prix Foulon d'économie rurale 1963

FABRE (RENÉ) et RENÉ TRUHAUT. — Sur la toxicité à long terme, dite toxicité chronique 541

FABRE (RENÉ), RENÉ TRUHAUT et CLAUDE BOUDÈNE. — Microdosage polarographique du plomb dans les milieux biologiques 624

FABRI (JEAN) et RAYMOND SIESTRUNCK. — Sur le calcul des petites perturbations propagées à son apparition par le décollement tournant d'une roue axiale 1718

FABRI (JEAN) et LUCIEN JARLAN. — Sur une représentation non linéarisée du champ aérodynamique induit par le décollement tournant dans une grille axiale 1827

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS. — Séminaire *Albert Châtelet* et *Paul Dubreil*. 7e année : 1953-1954. Algèbre et théorie des nombres. — Partie complémentaire : demi-groupes, 2e tirage (polycopie) 546

FAGE (LOUIS). — Signale que la séance du lundi 17 décembre sera la dernière de l'année 1956 1813

MM. Pages.
— Rapport de la fondation Richard... 1969
— Présente un Ouvrage de M. *Marcel Prenant* et M[lle] *Geneviève Bobin*.. 1984
— Voir *Enseignementscientifique* (*Commission de l'*) 1811
FAGET (JEAN) et CHARLES FERT. — Franges de diffraction et d'interférences en Optique électronique : diffraction de Fresnel, trous de Young, biprisme de Fresnel...... 2028
— Remarques sur cette Note par M. *Louis de Broglie*............ 2029
FALLOT (PAUL). — Voir *Faure-Muret* (M[lle] *Anne*) et *divers*...... 1697, 1813
— Présente de la part de M. *Georges Choubert* et du *Service géologique du Maroc*, la carte géologique au 1/200 000[e] de la terminaison occidentale de l'Anti-Atlas...... 343
— Membre de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*........... 1262
— Rapport du prix Demolombe...... 1962
— Id. du fonds des Jeunes Géologues 1962
FALLOT (PAUL), MICHEL DURAND DELGA et JEAN MAGNÉ. — Présence de l'Éocène inférieur dans le Rif septentrional (Maroc). 1975
FÄLTHEIM (ÅKE). — Learning, problem-solving, and after-effects (Thèse, Uppsala) (imp.)......... 1986
FARAGGI (M[me] HENRIETTE), M[me] ARLETTE GARIN-BONNET, MM. YVES ADDA et JEAN-MARIE HENRY. — Application de l'autoradiographie par trajectoires α à l'analyse d'alliages uranium-zirconium et à l'étude de la diffusion uranium-zirconium............. 1316
FARHI (ALDO) et ANDRÉ LAMENSANS. — Contribution à l'étude de l'action des antibiotiques sur l'immunité. Action du chloramphénicol sur la production d'anticorps vis-à-vis de germes tués... 613
— Id. Facteurs influençant l'action du chloramphénicol sur les antigènes des Salmonelles................ 1572
FARHI (ALDO), LÉON LE MINOR et ANDRÉ LAMENSANS. — Id. Action du chloramphénicol sur les antigènes de *Salmonella typhi*. 684
FARTHOUAT (JEAN-MARIE). — Voir *Caujolle* (*Fernand*) et *divers*...... 609
FAURE (ROBERT). — Vibrations non linéaires : action asynchrone, cas du phénomène Bethenod........ 1824

MM. Pages.
FAURE-MURET (M[lle] ANNE). — Voir
— Le prix Henry Wilde lui est décerné. 1965
— Adresse des remercîments......... 1984
— *Choubert* (*Georges*) et *divers*... 394, 1639
FAURE-MURET (M[lle] ANNE), MM. PHILIP H. KUENEN, MARCEL LANTEAUME et PAUL FALLOT. — Sur les Flyschs des Alpes maritimes françaises et italiennes..... 1697
FAURE-MURET (M[lle] ANNE), MM. PAUL FALLOT et EDMOND BOLELLI. — Sur les accidents alpins de la bordure orientale du massif de l'Argentera-Mercantour. 1813
FAUVERT (RENÉ). — Voir *Hartmann* (*Lucien*) et *divers*.............. 1937
FAVARD (M[me] JÉRÔME), née ANNA SEMENOF. — Transformation du point végétatif en méristème d'inflorescence chez *Drosera rotundifolia* L........................ 2124
FAVRE (ALEXANDRE). — Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216
FAVRE (JULES). — Le prix Desmazières lui est décerné......... 1962
— Adresse des remercîments......... 1984
FAVRE-DUCHARTRE (MICHEL). — Contribution à l'étude de la fécondation chez *Cephalotaxus*........ 1349
FAYET (GASTON). — Rapport du prix Arago......................... 1960
FÉDÉRATION NATIONALE DES MÉDECINS DU FRONT. — MM. *Léon Binet* et *Robert Courrier* sont délégués aux Cérémonies du Souvenir organisées par cette Fédération le 11 novembre à la Faculté de Médecine de Paris et le 18 novembre, au Val-de-Grâce, à Paris. 1262
FELDMANN (JEAN). — Sur la parthénogénèse du *Codium fragile* (Sur.) Hariot dans la Méditerranée..... 305
FENAIN (MAURICE). — Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216
FENART (RAPHAËL). — Formule générale de la courbe endocranienne sagittale des Mammifères........ 1149
— Voir *Delattre* (*Antoine*) et *Raphaël Fenart*........................ 429
FÉNÉANT (M[me] CHARLES), née SUZANNE EYMARD. — Dosages par effet Raman et équilibres de formation de l'ion NO_2^+ dans les mélanges binaires HNO_3—H_2SO_4. 41
FERNANDES (ABILIO). — Élu Corres-

MM. Pages.

pondant pour la Section de Botanique, adresse ses remercîments. 222
— Adresse des tirages à part de ses travaux de Botanique..... 221, 1262
FERRANDO (Raymond), Pierre LALLOUETTE, Mlle Gisèle BOURDERON et M. Joseph FROGET. — Influence d'un facteur de croissance du colibacille extrait d'*Aspergillus Flavus* sur le gain de poids et la flore intestinale...... 537
FERRI (Antonio). — Assiste à une séance........................ 1973
FERRY (André). — Grandeurs et Unités. Exposé critique des principaux systèmes. Système Giorgi. Préface de *Georges Darrieus* (imp.). 881
FERT (Charles). — Voir *Faget* (*Jean*) et *Charles Fert*.......... 2028, 2029
FERT (Charles) et Robert SAPORTE. — Emploi d'une lentille quadrupolaire magnétique pour réduire la « distorsion » de l'image en Microscopie électronique par réflexion............ 1107
FERT (Charles) et René SIMON. — Amélioration du pouvoir de résolution du microscope électronique à émission..................... 1300
FESCHOTTE (Pierre) et Émile RINCK. — Diagramme de solidification des alliages sodium-gallium....................... 1525
FESSARD (Alfred). — Représentera l'Association des Physiologistes dans le Comité national des Sciences physiologiques......... 329
FEUVRAIS (Louis). — Voir *Yuasa* (Mlle *Tosiko*) et *divers*.......... 2045
FEYS (Robert) et Charles GREBER. — L'Autunien du Nivernais..... 1642
FINE (Jean). — Voir *Drilhon* (Mme *Andrée*) et *divers*............... 1802
FINE (Jean) et Jean MOULLEC. — Méthode rapide de détection des hémagglutinines irrégulières...... 1570
FLAHAUT (Jean). — Voir *Picon* (*Marius*) et *Jean Flahaut*....... 2074
FLAHAUT (Jean) et Mlle Micheline GUITTARD. — Sur les sulfures d'yttrium...................... 1210
— Sur les sulfures et le polysulfure de cérium....................... 1419
FLANZY (Michel). — Voir *Causeret* (*Jean*) et *divers*................ 313
FLORU (R.), C. GIURGEA, M. SARAGEA. — Problemele fundamentale ale activitatii nervoase superiorare (imp.)............. 1091

MM. Pages.

FOCAS (Jean-Henri). — Sur la variation de la proportion de lumière polarisée dans la pénombre, au cours de l'éclipse partielle de Lune, du 15-16 juillet 1954........... 1490
FOËX (Gabriel). — Présenté en deuxième ligne pour la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*... 1575
— Obtient des suffrages....... 1586, 1705
FONI (I.). — Voir *Saragea* (*M.*) et *I. Foni*....................... 1092
FONTENELLE (Bernard LE BOVIER de). — M. *André Couder* est délégué à la Cérémonie du 3e Centenaire de sa naissance et du 2e Centenaire de sa mort, organisée par l'Académie de Rouen, en février ou mars 1957......... 1468
FORESTIER (Hubert). — Voir *Seigneurin* (*Laurent*) et *Hubert Forestier*.......................... 2052
FORESTIER (Hubert), Gilbert EISCHEN et Georges GUIOT-GUILLAIN. — Influence d'une irradiation en pile sur les propriétés magnétiques du ferrite de zinc... 1842
FORGES DE CHÊNECIÈRES (Société des). — M. *Pierre Chevenard* est délégué au 25e anniversaire de cette Société, le 2 décembre 1956, à Saint-Marc-sur-Seine......................... 1181
FORRAT (Francis). — Voir *Bertaut* (*Félix*) et *Francis Forrat*... 898, 1219
FOSSE (Richard). — Ses héritiers demandent l'ouverture de cinq plis cachetés........................ 634
FOUQUET (Robert). — Note sur un traitement des complexes pulvérulents (et notamment des schlamms) en vue de la séparation de leurs constituants.................... 2099
FOURMARIER (Paul). — L'imprécision d'un terme usuel du langage géologique................ 695
FOURNARI (Pierre). — Voir *Tirouflet* (*Jean*) et *Pierre Fournari*.... 61
FOURNIER (Frédéric). — Influence des facteurs climatiques sur l'érosion du sol. Estimation des transports solides effectués en suspension par les cours d'eau (imp.)... 1818
FOURNIER (Paul). — Le pouvoir ostéogène du méso-inositol et la notion de substrat de croissance.. 182
FOURTON (Alain). — Voir *Beau* (*Georges*) et *divers*............. 784
FRAINNET (Émile). — Voir *Calas*

MM. Pages.
(*Raymond*) et *Émile Frainnet*.... 595
FRAISSE (Mlle Renée). — Voir *Mousseron* (*Max*) et *divers*.......... 1880
FRAJDENRACH (Mlle Sophie). — Voir *Caujolle* (*Fernand*) et *divers*.. 1933
FRANÇOIS (Émile). — Dictionnaire allemand-français et français-allemand. Vocabulaire technique, électricité, radio et éclairagisme. 2e édition (imp.).................. 1985
FRANÇOIS (Yves). — Le déterminisme de la « concentration » dans la nageoire dorsale de *Salmo*..... 196
FRANZÉN (Åke). — Investigations into Spermiogenesis and Sperm Morphology among Invertebrates (Thèse, Uppsala) (imp.)......... 1986
— On spermiogenesis, morphology of the spermatozoon, and biology of fertilization among invertebrates (imp.)........................ 1986
FRÉCHET (Maurice). — Fait hommage d'un fascicule des « Annales de l'Institut Henri Poincaré » contenant : 1° un Mémoire dont il est l'auteur : « Les inégalités de Minkowski dégénérées et leurs applications en Calcul des Probabilités »; 2° un Mémoire de *R. C. Geary*....................... 1467
— Est introduit en séance.......... 461
— Son élection est approuvée........ 461
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures.......................... 1467
— Délégué à la XXXe Session de l'Institut international de Statistique, à Stockholm, du 8 au 15 août 1957. 1587
FREDRIK (A.) et V. ERIKSSON. — Polymolecularity and molecular shape of methyl methacrylate polymers and their dependence on the conditions of polymerization (Thèse, Uppsala) (imp.)......... 13
FREYMANN (René), Edmond GRILLOT, Mlles Monique HAGÈNE et Madeleine LE PAGE. — Sur l'effet photodipolaire dans le sulfure de zinc.............. 1522
FREYMANN (Mme René), née Marie LIPSZYC, M. Raoul GOFFAUX, Mlle Monique HAGÈNE et M. Jean LE BOT. — Observation, à basse température, de l'absorption dipolaire Debye du carbure de silicium : Niveaux voisins de 0,01 à 0,03 eV..................... 2048
FRIANT (Mlle Madeleine). — Les diverticules œsophagiens d'un Rongeur, le Hamster (*Mesocricetus auratus* Waterh.).............. 1555
FRIEDEL (J.). — Les dislocations (imp.)......................... 1182
— Monographies de Chimie physique. Les dislocations (imp.).......... 1985
— Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*. 12
FRODA (Alexandre). — Propriétés des fonctions réelles sur des réseaux continus de « para-voisinages »....................... 549
FROGET (Joseph). — Voir *Ferrando* (*Raymond*) et *divers*........... 537
FROIMESCU (A.). — Voir *Nicolau* (*V.*) et *divers*...................... 1182
FROMAGEOT (Pierre). — Voir *Sirchis* (*Jean*) et *divers*........... 2164
FROMAGEOT (Pierre) et Hernan PEREZ-MILAN. — La réduction du sulfate en sulfite par la feuille détachée de Tabac............ 1061
FROMENTIN (Mlle Huguette), Mme Marguerite SANDOR, MM. Georges SANDOR et Jean LEVADITI. — Étude humorale de la trypanosomiase expérimentale du Rat....................... 1077
FUERST (Clarence R.), François JACOB et Élie L. WOLLMAN. — Détermination de liaisons génétiques, chez *Escherichia coli* K 12, à l'aide de radiophosphore...... 2162

G

GAILLARD (Jean-M.). — Voir *Arvy* (Mlle *Lucie*) et M. *Jean-M. Gaillard*......................... 1074
GALINOU (Mlle Marie-Agnès). — Sur la structure de l'appareil apical des asques chez les Pyrénolichens des genres *Laurera* et *Trypethelium*........................ 1146

MM. Pages.
GALLAIS (FERNAND) et DANIEL VOIGT. — Sur les propriétés magnétooptiques des amines..... 942
GANCE (Mlle M.). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*........... 12
GANS (FRANÇOIS). — Voir *Dewulf* (Mlle *Ginette*) et *François Gans*... 1857
GANS (Mme FRANÇOIS), née MADELEINE DAVID. — Voir *Prévost* (*Georges*) et Mme *Madeleine Gans*........ 404
GARCIA (GODOFREDO) et ROSENBLATT (ALFRED). — Analisis Algebraico (imp.)................. 699
GARDENT (JEAN). — Addition d'acide hippurique à la double liaison en 1-2 des dihydroisoquinoléines.. 63
— Action du formol et de l'acide formique sur la phényl-1 diéthoxy-6.7 dihydroisoquinoléine............ 1042
GARDRAT (JEAN). — Voir *Ribéreau-Gayon* (*Jean*) et *Jean Gardrat*... 788
GARGOUÏL (YVES-MICHEL). — Voir *Coraboeuf* (*Édouard*) et *divers*. 1444, 1673
GARIN (Mme PAUL), née ARLETTE BONNET. — Voir *Faraggi* (Mme *Henriette*) et *divers*............. 1316
GARNIER (RENÉ). — Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures....... 1467
GARRIGUE (HUBERT). — Radioactivité de l'air et des précipitations.. 584
GASNIER (RENÉ) et ÉTIENNE VASSY. — Nouveau principe pour la détermination expérimentale de la visibilité oblique.............. 2118
GASPERIN (Mme RENÉ), née MADELEINE CHAFFAUX. — Synthèse et identification d'un oxyde double de tantale et d'uranium........ 1534
GAUDEMAR (MARCEL). — Sur deux nouveaux exemples de transposition propargylique............ 1216
— Voir *Guy* (*Jean*) et *divers*......... 34
GAUGUIN (ROLAND). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216
GAULT (HENRY). — Le prix Émile Jungfleisch lui est décerné....... 1961
— Adresse des remercîments......... 1984
GAULT (HENRY), MOHAMED SELIM et Mme MARGUERITE SELIM DORGANS. — Sur la condensation du glyoxal avec l'ester acétylacétique. 1125
GAULT (HENRY) et Mme CLAUDINE LUMBROSO. — Recherches sur l'acétylation du diacétone-alcool. 1330
— *Erratum*......................... 1970
GAULT (HENRY) et GIANG NGUYEN THANH. — Recherches sur des esters de diols et de triols....... 1530
GAUSSEN (HENRI). — Présente la « Carte de la végétation du Maroc », feuille « Rabat-Casablanca », publiée sous sa direction. 1383
GAUTHERON (Mlle DANIÈLE). — Voir *Volfin* (*Pierre*) et *divers*..... 522. 605
GAUTHIER (LUC). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................... 216
GAVAUDAN (PIERRE). — Voir *Debraux* (Mlle *Germaine*) et M. *Pierre Gavaudan*........................ 1906
— Voir *Thomas* (*J.-André*)........... 1984
GAVREAU (VLADIMIR) et ALBERT CALAORA. — « Étalonnage absolu de microphones aux fréquences audibles et infrasonores »........ 1840
GAYRARD (GEORGES). — Voir *Coulon* (*Jean*) et *Georges Gayrard*....... 573
GEARY (R. C.). — Tests de la Normalité (imp.)...................... 1467
GEFFROY (JACQUES), ANDRÉ GERSTNER et PAUL LAFFORGUE. — Découverte d'indices minéralisés en tungstène, molybdène, étain et bismuth dans le Sud-Est de la Corse.................... 1336
GÉGAUFF (Mlle CHRISTIANE). — Voir *Cüer* (*Pierre*) et *divers*.......... 709
GEISS (JOHANNES). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers*.............. 286
GELIN (PAUL). — Détermination expérimentale des coefficients de frottement locaux dans un canal cylindrique à section droite quelconque........................ 836
GENNES (PIERRE-GILLES DE). — Sur le calcul des premières excitations dans les substances magnétiques.. 1730
GENNES (PIERRE-GILLES DE) et ANDRÉ HERPIN. — Corrélations spatiales dans un ferro-magnétique au voisinage du point de Curie... 1611
GENTILI DI GIUSEPPE (MARCEL) et MICHEL TRELLIS. — Variations rapides dans le temps de la Couronne monochromatique verte.... 1724
GEOLOGICAL MUSEUM (EGYPT). — Ministry of Commerce and Industry. Mineral Resources Department (imp.).................. 222
GEORGES (JEAN). — Voir *Pomey* (*Jacques*) et *divers*.............. 1745

MM. Pages.

GERHARDT (CHARLES). — Voir *Jacques* (*Jean*) 222
GERHOLM (TOR RAGNAR). — Coincidence spectroscopy (Thèse, Uppsala) (imp.) 13
GERMAIN (PAUL). — Écoulements transsoniques avec onde de choc .. 1190
— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
GERSTNER (ANDRÉ). — Voir *Geffroy* (*Jacques*) et *divers* 1336
GEUKENS (FERDINAND). — Le Graben de Malmédy 1644
GHELELOVITCH (SABBAS). — Signification pathologique des tumeurs héréditaires de la drosophile (*Drosophila melanogaster* Meig.) 208
GHERMANESCU (MICHEL). — Équations fonctionnelles linéaires à argument fonctionnel *n* - périodique 1593
GHITESCU (TIBERIU). — Probleme de chirurgie expérimentala (imp.) ... 1091
GIACOMO (PIERRE), MARCEL GUILLOT et PIERRE JACQUINOT. — Sur une méthode de dosage automatique et instantanée de l'oxyde de carbone dans le sang 985
GIAJA (JEAN). — Assiste à une séance. 617
GIAJA (JEAN) et JEVTO RADULOVIC. — De l'action stimulante cardiaque du sang de l'organisme en profonde hypothermie 1465
GIANG NGUYEN THANH. — Voir *Thanh* (*Giang Nguyen*).
GIDEL (AUGUSTE). — Voir *Abadie* (*Paul* et *divers* 1110. 1970
GIGOUT (MARCEL). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers* 504
GILLIS (J.). — Voir *Universiteit te Gent* 222
GILLOIS (Mme MICHEL), née JEANNINE DOUCET et M. PAUL RUMPF. — Étude cinétique de la réaction de Diels-Alder, avec des philodiènes dissymétriques ramifiés et non ramifiés 853
GIPOULOUX (JEAN-DANIEL). — Le rectum ne participe pas à l'édification de la partie postérieure de l'uretère primaire; démonstration expérimentale (Amphibiens Anoures) 2147
GIRARD (FRANÇOIS). — Voir *Vidal* (*Georges*) et *François Girard* 1276
GIRARD (PIERRE). — Voir *Abadie* (*Paul*) et *divers* 1110, 1970
GIRAUD (GASTON). — Adresse une collection d'Ouvrages relatifs à ses travaux de médecine 11
— Délégué au 250e anniversaire de la fondation de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, les 17 et 18 novembre 1956 1468
GIRAULT (Mme RENÉ), née GISÈLE VEXLEARSCHI et M. PAUL RUMPF. — La basicité des amines aliphatiques ω-bromées. Une exception à la règle empirique de Mac Innes 663
GIROUD (PAUL) et JEAN JADIN. — L'importance du biotope est démontrée pour les poissons et leurs parasites par le comportement de captures faites dans un lac, à proximité d'un abattoir 686
— Comportement sérologique et isolement de souches néo-rickettsiennes chez des veaux en allaitement ... 721
GIUDICELLI (RENÉ), PIERRE CHABRIER et HENRY NAJER. — Constitution chimique et activité anesthésique locale 108, 1931
GIURGEA (C.). — Voir *Floru* (*R.*) et *divers* 1091
GJAEREVOLL (OLAV). — The plant communities of the Scandinavian Alpine snow-beds (Thèse, Uppsala) (imp.) 13
GLEDITSCH (Mlle ELLEN). — Assiste à une séance 541
GLODEN (RAOUL-FRANÇOIS). — Sur les systèmes triples orthogonaux .. 1010
GOFFAUX (RAOUL). — Voir *Freymann* (Mme *Marie*) et *divers* 2048
GOLDMAN (MAURICE), GUY NIEF et ÉTIENNE ROTH. — Influence de la température sur la séparation isotopique sous l'effet du courant continu dans le gallium fondu ... 1414
GOLDSTEIN (SIMON). — Voir *Jaumotte* (*André*) et *Simon Goldstein* 2014
GOLDSZTAUB (STANISLAS) et RAYMOND WEY. — Échange de cations par la montmorillonite à température élevée 261
GOLDZAHL (LAZARE). — Voir *Eberhard* (*Philippe*) et *divers* 1862
GOMOT (LUCIEN). — Localisation de l'organisateur de la glande uropygienne chez l'embryon de Canard 2142
GONDET (HENRI). — Le prix Theurlot lui est décerné 1964
— Adresse des remercîments 1984
GONTIER (GÉRARD). — Sur la loi

MM. Pages.

suivant laquelle une détente supersonique se propage vers l'amont le long d'une couche limite turbulente... 1395
GOOSSENS-FONTANA (Mme). — Voir *Romagnesi* (*Henri*)... 699
GORET (PIERRE). — Voir *Verge* (*Jean*) et *divers*... 1934
GOUDOT (Mme PIERRE), née ANDRÉE PERROT. — Orbitales 3 *d* dans les liaisons enzyme-métal-substrat. 953
GOUGENHEIM (ANDRÉ). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*... 1005
— Présenté en première ligne... 1693
— Obtient des suffrages... 1705
GOUIN (LUCIEN). — Voir *Riobé* (*Olivier*) et *Lucien Gouin*... 1424
GOUJON (JEAN). — *Erratum*, relatif à une précédente communication (242, 1956, p. 2318)... 688
GOUSTARD (MICHEL). — Rôle complexe des stimuli lumineux dans le comportement de *Blattella germanica*... 418, 1151
GOUTAREL (ROBERT), FRANÇOIS PERCHERON et MAURICE-MARIE JANOT. — Alcaloïdes des Voacanga : structure de la voacamine. 1670
GOUTTE (ROBERT), CLÉMENT GUILLAUD et ROBERT ARNAL. — Examen au microscope à photoémission de métaux soumis à une contrainte mécanique... 2026
GRABAR (PIERRE). — Voir *Hartmann* (*Lucien*) et *divers*... 1937
GRAINDOR (MAURICE-J.). — Voir *Chauris* (*Louis*) et *divers*... 77
GRAMMATICAKIS (PANOS). — Remarques sur l'absorption dans l'ultraviolet moyen et le visible de quelques hydroxyaniles des nitrobenzaldéhydes et des nitraniles des hydroxybenzaldéhydes.. 1887
— Remarques sur la préparation et l'absorption dans l'ultraviolet moyen de quelques 1-oxo-2-aryl-dihydro-(1, 2)-phénotriazines... 2094
GRAMONT (ARMAND DE). — Souhaite la bienvenue à M. *Nil Ratan Dhar*... 5
— Id. aux Membres d'une délégation scientifique de l'U. R. S. S. venue visiter des centres scientifiques français... 217
— Id. à M. *Léon Bérard*... 795
— Id. à M. *Grigore C. Moisil*... 831

MM. Pages.

— Id. à MM. *Murray Protter*, *Gabor Szegö* et *Dmitri Ivanenko*... 877
— Id. aux Membres du Comité international des Poids et Mesures.... 931
— Id. à MM. *Frits Went* et *Pierre Martens*... 1373
— Président de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*... 1262
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures... 1467
— Rapport du prix d'Aumale... 1967
— Id. du fonds des Laboratoires.... 1968
— Voir *Enseignement scientifique* (*Commission de l'*)... 1811
GRANDCHAMP (Mme RENÉ DE), née ANDRÉE CHAUDUN. — Influence du solvant sur la mutarotation des sucres : Action comparée des alcools méthylique, éthylique, propylique et isopropylique... 321
GRANDIDIER (GUILLAUME). — Présenté en première ligne, pour la place de Membre titulaire du Bureau des Longitudes, vacante par la mort de M. *Jean Tilho*... 1181
GRANGAUD (RENÉ), PIERRE VIGNAIS, Mlle RENÉE MASSONET et M. JEAN-PIERRE MOATTI. — Biosynthèse de la vitamine A chez *Gambusia holbrooki*, Grd... 1170
GRARD (FERNAND). — Sur l'excitation et l'ionisation des atomes par émission α... 777
GRASSÉ (PIERRE-PAUL). — Rapport du prix Fanny Emden... 1964
— Id. du prix en hommage à la mémoire des savants français assassinés par les allemands en 1940-1945... 1966
GRASSÉ (PIERRE-P.), Mlles ODETTE TUZET et NINA CARASSO. — Ultrastructure du spermatozoïde aberrant d'un Iule, *Spirostreptus castaneus* Attems (Myriapode Diplopode), avec des remarques sur les chromosomes... 337
GREBER (CHARLES). — Voir *Feys* (*Robert*) et *Charles Greber*... 1642
GRENIER DE RUERE (JEAN). — Voir *Tendille* (*Claude*) et *divers*... 87
GRIDEL (HENRI). — Un prix lui est décerné sur le fonds des Laboratoires... 1968
— Adresse des remercîments... 1984

MM. Pages.

GRILLOT (Edmond). — Voir *Freymann (René)* et *divers* 1522

GRISON (Pierre). — Voir *Biliotti (Émile)* et *divers* 206

GROSS (Bernard). — Voir *Guy (Jean)* et *divers* 34

GROSZYNSKA (Jadwiga). — Voir *Polska Akademia Nauk* 1818

GROTTE (Gunnar). — Passage of dextran molecules across the blood-lymph barrier (Thèse, Uppsala) (imp.) 13

GROULADE (Joseph) et Paul GROULADE. — Variations des protéines, glyco- et lipoprotéines du sérum de Chien normal selon l'âge (Électrophorèse sur papier) 611

GROULADE (Paul). — Voir *Groulade (Joseph)* et *Paul Groulade* 611

GROZA (Petru P.). — Studiu al secretiei gastrice prin ulcer experimental (imp.) 1091

GRUAT (Jean). — Étude par analogie électrique des cheminées d'équilibre à section constante et à étranglement avec débit d'apport. 569

GRUNER (Mlle Lucie). — Voir *Weil (Louis)* et Mlle *Lucie Gruner* 1629

GUASTALLA (Mme Pierre), née Lina ASSCHER. — Étude tensiométrique du démouillage du quartz par le bromure de lauryl-triméthylammonium. Application de la méthode à la flottation du quartz par l'oléate de baryum 1314

GUÉNEBAUT (Henri). — Voir *Pannetier (Guy)* et *Henri Guénebaut*.. 1205

GUÉRIN (Henri). — Sur les arséniates de sodium et sur la nature des pseudo-phosphates, arséniates et vanadates trisodiques 156

— Le prix La Caze de chimie lui est décerné 1961

— Adresse des remercîments 1984

— Voir *Bastick* (Mme *Marthe*) et *divers*. 1764

GUÉRINDON (Jean). — Théorie multiplicative des idéaux 936

GUIENNE (Paul) et Fernand BOUNIOL. — Détermination du champ de vitesses en aval d'un choc détaché 1479

GUILBOT (André). — Voir *Abadie (Paul)* et *divers* 1110, 1970

GUILLAIN (Georges). — Rapport du prix Bréant 1963

GUILLAUD (Clément). — Voir *Goutte (Robert)* et *divers* 2026

GUILLOT (Marcel). — Voir *Giacomo (Pierre)* et *divers* 985

GUILLOTON (René). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216

GUINIER (André). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers* 12

GUINIER (Philibert). — Délégué au Bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956 935

— Rapport du prix Paul Marguerite de La Charlonie d'économie rurale. 1963

— Id. du prix de Mme Albert Demolon. 1963

GUINOCHET (Marcel). — Sur une forme diploïde remarquable de *Centaurea Jacea* L. 1783

— Sur l'existence d'une forme systématique normalement trisomique chez *Centaurea paniculata* L. 2130

GUIOCHON (Mlle Marie-Anne), MM. Jacques-Émile BLAMONT et Jean BROSSEL. — Sur la cohérence du phénomène de diffusion multiple de la lumière en résonance optique 1859

GUIOT-GUILLAIN (Georges). — Voir *Forestier (Hubert)* et *divers* 1842

GUIRAUD (Jean-Pierre). — Forces aérodynamiques non stationnaires sur une aile mince de très faible allongement en déformation 1278

— Sur la nature de la singularité d'un écoulement de fluide compressible au voisinage de la pointe avant d'une aile delta en régime subsonique 2012

GUITTARD (Mlle Micheline). — Voir *Flahaut (Jean)* et Mlle *Micheline Guittard* 1210, 1419

GUITTON (Yves) et André TOUZÉ. — Influence des ions mercuriques sur l'activité décarboxylante de la cystéine et de l'homocystéine.. 1367

GUTMANN (Félix). — Voir *Buchanan (Gregory Stewart)* et *Félix Gutmann* 374

GUTTON (Camille). — Rapport du prix du Général Ferrié 1961

— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')* 1811

GUY (Jean), Jacques TILLIEU, Jean HOARAU, Marcel GAUDEMAR et Bernard GROSS. — Calcul et mesure de la susceptibilité magnétique des carbures alléniques..... 34

H

MM. Pages.

HABIB LABIB (George). — Synthèses et propriétés de l'acide δ-phényl α-cétovalérianique (phénoéthylpyruvique) et de son dérivé *p* méthylé ... 660

HACKSPILL (Louis). — Présente un Ouvrage de M. *Pierre de la Bretèque* ... 343

— Signale la présence de M[lle] *Ellen Gleditsch* ... 541

— Délégué au Bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956 ... 935

— Rapport du prix La Caze de chimie. 1961

— Id. du fonds des Laboratoires ... 1968

— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')* ... 1811

HADAMARD (Jacques). — Délégué à l'inauguration des plaques commémoratives aux noms de *Déodat Gratet de Dolomieu* et *Élie Cartan*, à Dolomieu (Isère), le 16 septembre 1956 ... 796

— Signale la présence de M. *Grigore C. Moisil* ... 829

— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467

HADJ-MOUSTAPHA (Moustapha). — Sur la phyllotaxie et la constitution de l'inflorescence chez le *Cleome spinosa* Jacq ... 1059

HAEFLIGER (André). — Sur l'extension du groupe structural d'un espace fibré ... 558

HAGÈNE (M[lle] Monique). — Voir *Freymann* (M[me] *Marie*) et *divers*. 1522, 2048

HAGÈNE (Philippe). — Sur quelques gradients physiologiques dans le limbe foliaire de Betterave ... 1661

HAHN (Roger). — Quelques nouveaux documents sur Jean-Sylvain Bailly (imp.) ... 222

HALBRON (Jean-Pierre). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné ... 1968

— Adresse des remercîments ... 1985

HALBWACHS (Francis). — Introduction du vecteur spin dans le fluide de Weyssenhoff ... 1022

MM. Pages.

— Nouvelle représentation du fluide à spin relativiste ... 1098

HALPERN (Bernard). — Un prix Roy-Vaucouloux lui est décerné ... 1963

HAMMOUDA (Youssef). — Voir *Janot (Maurice-Marie)* et *divers* ... 85

HAMON (Jean). — Voir *Terrien (Jean)* et *Jean Hamon* ... 740

HAMPÉ (Armand). — Sur la topographie des ébauches présomptives du membre postérieur du Poulet ... 970

HARA (Eiichi). — Voir *Eberhard (Philippe)* et *divers* ... 1862

HARNISCHMACHER (Ewald) et Karl RAWER. — L'interprétation des observations du vent ionosphérique suivant la méthode des « fadings » ... 747

— Résultats d'observations systématiques du vent ionosphérique dans la région E ... 782

HAROUIMI (A.). — Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles ... 216

HARTMANN (Lucien), Pierre BURTIN, Pierre GRABAR et René FAUVERT. — L'analyse immunoélectrophorétique des sérums de malades atteints d'affections hépatiques ... 1937

HASSELQUIST (Hans). — Voir *Euler (Hans von)* et *Hans Hasselquist* ... 1583

HATEM (M[lle] Simone). — L'état hautement associé de l'histamine ... 801

HAZARD (Jean). — Voir *Hazard (René)* et *divers* ... 452

HAZARD (René), Jacques-R. BOISSIER, Jean HAZARD et M[me] Paule MOUILLÉ. — Analogies et différences entre les actions pharmacodynamiques du potassium, du rubidium et du césium .. 452

HAZARD (René), Jean CHEYMOL, Pierre CHABRIER et M[me] Abigaël CARAYON-GENTIL ... 2180

HEDON (Louis). — Représentera l'Association des Physiologistes dans le Comité national des Sciences physiologiques ... 329

HEIDMANN (Jean). — Photographies

MM. Pages.

stratosphériques obtenues au cours d'expériences sur le rayonnement cosmique 2102
HEIM (ROGER). — Présente le tome XLVII de l'« Encyclopédie biologique » 764
— Id. deux Ouvrages du *Service des Recherches piscicoles* et de M. *Jean Chevaugeon* 1090
— Id. deux tomes de l'« Encyclopédie mycologique » 1383
— Signale la présence de MM. *William Robbins, Jacques Rousseau* et *Adrien Pouliot* 793
— Id. la présence de M. *Pierre Martens*. 1373
— Rapport du prix Desmazières 1962
— Id. du prix Jean Reynaud 1965
— Voir *Union Internationale pour la protection de la Nature* 729
HENIN (STÉPHANE), FRANÇOIS CARDEY et ALBERT RŒSCH. — Méthodes permettant le contrôle de la résistance des conditionneurs de sol aux actions microbiennes.. 1899
HENKIN (L.). — La Structure algébrique des théories mathématiques (imp.) 117
HENRIOT (ÉMILE). — Une subvention Loutreuil lui est attribuée 1967
— Adresse des remercîments 1985
HENRY (JEAN-MARIE). — Voir *Faraggi* (Mme *Henriette*) et *divers*... 1316
HENRY (PIERRE). — Étude cytologique du lait de coco au cours du développement de la noix 401
HENRY LA BLANCHETAIS (Mlle CHARLOTTE) et M. FÉLIX TROMBE. — Sur les propriétés magnétiques de l'europium métallique (Étude préliminaire) 707
HEPNER (GEORGES) et LOUIS HERMAN. — Nouveau système de bandes d'émission de la molécule He, vers 4 700 cm^{-1} 1504
HÉRENGUEL (JEAN), DONALD WHITWHAM et JACQUES BOGHEN. — Étude de l'oxydation à chaud du zirconium Kroll dans l'air 2060
HERLANT (MARC). — Un prix lui est décerné sur le fonds des Laboratoires 1968
— Voir *Racadot* (*Jean*) et *Marc Herlant*. 1447
HERLANT (Mme MARC), née HENRIETTE MEEWIS. — Phénomènes neurosécrétoires et ponte chez *Eisenia fœtida* 823
HERMAN (LOUIS). — Voir *Hepner* (*Georges*) et *Louis Herman* 1504
HERMAN (LOUIS), ALBERT SALMONA et GEORGES LUCAS. — Origine de la phosphorescence de courte durée de la molécule N_2 1029
HERMANN (HENRI). — Représentera l'Académie dans le Comité national des Sciences physiologiques 329
HÉROLD (ALBERT). — Ionisation de l'hydrogène dissous dans les métaux 806
HERPIN (ANDRÉ). — Voir *Bertaut* (*Félix*) et *divers* 898
— Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*. 12
— Voir *Gennes* (*Pierre Gilles de*) et *André Herpin* 1611
HERSCH (JOSEPH). — Une équation aux différences pour le calcul approché des fréquences propres d'une membrane (méthode récurrente) 1475
HESSABY (MAHMOUD). — Assiste à une séance 1465
HETTLER (ANDRÉ). — Voir *Perey* (Mlle *Marguerite*) et M. *André Hettler*. 1520
HEYMANS (CORNEILLE). — Adresse quelques tirages à part de ses travaux de pharmacologie 1005
HIONG (KING-LAI). — Sur l'impossibilité de quelques relations identiques entre des fonctions entières. 222
HOARAU (JEAN). — Voir *Guy* (*Jean*) et *divers* 34
HOCQUETTE (MAURICE) et JEAN-PAUL BRUNEL. — La structure du noyau d'*Allium Cepa*. Ses modifications en rapport avec la physiologie cellulaire 2132
HOESTLANDT (HENRI). — Examen de populations de *Sphæroma serratum* sur les côtes de la péninsule ibérique 1561
— Étude de populations de *Sphæroma serratum* sur les côtes de l'archipel des Açores 1680
HOFFSTETTER (ROBERT) et ROGER BRUN. — Un Dinosaurien Stégosauriné dans le Callovien du Calvados 1651
HOFMANN (J. E.). — Voir *Becker* (*O.*) et *J. E. Hofmann* 1983
HOÏ (N. P. BUU), T. BA LOC et N. DAT XUONG. — Sur quelques iodocoumarines nouvelles 1126
HOÏ (N. P. BUU) et N. DAT XUONG. — Sur quelques aza-8 pyrimidazoles 2090
HOLLARD (HENRI). — Voir *Jacquemont* (*Paul*) et *Henri Hollard* 75
HOLLEMAN (JAMES). — Voir *Montreuil* (*Jean*) et *James Holleman*.. 1069

MM. Pages.

HONTOY (PAUL). — Voir *Van den Dungen (Frans)* et *divers*....... 627
HORCLOIS (RAYMOND). — Voir *Jacob (Robert-Michel)* et *divers*........ 1637
HOUGET (JACQUES). — Voir *Cahn (Théophile)* et *Jacques Houget*... 407
HOUTERMANS (FRIEDRICH GEORG). — Voir *Besairie (Henri)* et *divers*. 544
— Voir *Choubert (Georges)* et *divers*... 286
HOWLETT (LESLIE ERNEST). — Assiste à une séance........... 929
HRACHOVEC (JOSEF). — Variations de la teneur en protides et en principaux composés lipidiques du plasma sanguin du Lapin au cours de la vie...................... 415
— Voir *Binet (Léon)* et *divers*... 467, 692
HUBER (MAXIMILIEN TITUS). — Pisma Maksymiliana Tytusa Hubera, Tome II (imp.)................ 1383
HUE (JEAN). — Voir *Bernard (Michel-Yves)* et *Jean Hue*............ 1852
HUGOT (Mlle DENISE). — Voir *Causeret (Jean)* et *divers*........... 313
HULTH (ANDERS). — Intra-osseous venographies of medial fractures of the femoral neck. The residual vascularity of the head fragment in differend types of fractures and its relation to the prognosis (Thèse, Uppsala) (imp.)................ 13
HUMBERT (HENRI). — Fait hommage du tome 15, fascicule 2, des « Notulæ systematicæ »......... 11
— Dépose sur le Bureau un fascicule de la « Flore de Madagascar et des Comores »..................... 1090
— Rapport du prix Delalande-Guérineau......................... 1960
— Id. du prix Foulon de botanique... 1962
HURPIN (BERNARD). — Influence de la température sur la durée de la diapause imaginale de *Melolontha melolontha* L. (Col. *Scarabeidæ*)... 1557
HUVÉ (PIERRE). — Sur la réinstallation d'un « Trottoir à Tenarea », en Méditerranée occidentale........ 2157

I

INDIAN SCIENCE COUNCIL. — L'Académie est informée de la 44e Session, à Calcutta, du 14 au 20 janvier 1957...................... 635
INSTITUT DE CALCUL BLAISE-PASCAL. — Publications de *Louis Couffignal, M.-A. Lenouvel, Jacques Duleau, Jean Peltier* et *Geneviève Coulmy* (imp.)............ 1706
INSTITUT DES PARCS NATIONAUX DU CONGO BELGE. — Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. De Witte 1933-1935 : fasc. 85 et 86. — Exploration du Parc National de la Garamba. Mission Henri de Sæger, en collaboration avec *P. Baert, G. Demoulin, I. Denisoff, J. Martin, M. Micha, A. Noirfalise, P. Schoemaker, G. Troupin* et *J. Verschuren* (1949-1952), fasc. 3 et 4 (imp.).................... 546
— Id. Les buffles du Congo belge, par *Paul Dalimier* (imp.)............ 546
— Voir *Sæger (Henri de)*............ 546
INSTITUT FRANÇAIS D'ÉTUDES ANDINES [LIMA]. — Travaux, Tomes I à IV (imp.)............ 796
INSTITUT FRANÇAIS D'OUTRE-MER [MARSEILLE]. — Congrès de la protection des végétaux et de leurs produits sous les climats chauds (imp.).................. 1091
INSTITUT FÜR ANGEWANDTE GEODÄSIE [FRANKFURT A. M.). — Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, nº 1 (imp.)..................... 635
INSTITUT HENRI POINCARÉ. — Liste d'envoi des échanges des Annales (polycopie)............. 546
INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE. — MM. *Georges Darmois* et *Maurice Fréchet* sont délégués à la XXXe Session, à Stockholm, du 8 au 15 août 1957. 1587
INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE. — Une subvention Loutreuil lui est attribuée........... 1967
INSTITUT PASTEUR [BIBLIOTHÈQUES]. — Catalogue des périodiques et des Congrès et Supplément (imp.).................... 1468
INTERNATIONAL CONFERENCE

MM. Pages.

ON SCIENTIFIC INFORMATION. — Se tiendra à Washington en 1958 1818
INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS. — The Year Book, 1956 (imp.) 764
INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ISOTOPE SEPARATION. — L'Académie est informée de la réunion de ce Symposium à Amsterdam, du 23 au 27 avril 1957. 1706
IONESCU TULCEA (CASSIUS). — Fonctions du type positif 1389
— Spatii Hilbert (imp.) 1006
— Voir *Onicescu* (*O.*) et *divers* 1006
IVANENKO (DIMITRI). — Assiste à une séance 877
IVANOFF (ALEXANDRE). — Au sujet du facteur de polarisation du résidu sous-marin de lumière du jour dans la région de Roscoff... 1345
— Id. sur la côte Ouest de la Corse... 1430
— Au sujet des propriétés optiques de l'eau de mer à Roscoff et en Corse. 1543
IZSAK (SAMUIL). — Voir *Stinca* (*Stefan*) 1092

J

JACCARD (HENRI). — Voir *Becherer* (*Alfred*) 1818
JACOB (CHARLES). — Rapport du prix Henry Wilde 1965
JACOB (FRANÇOIS). — Voir *Fuerst* (*Clarence R.*) et *divers* 2162
JACOB (FRANÇOIS) et ÉLIE WOLLMAN. — Le prix en hommage à la mémoire des savants français assassinés par les allemands en 1940-1945 leur est décerné 1966
— Adressent des remercîments 1984
JACOB (ROBERT-MICHEL) RAYMOND HORCLOIS, ROGER VAUPRÉ et MAYER MESSER. — Sur deux (bis-diméthylaminopropyl)-10 phénothiazines isomères et leurs homologues diéthylés 1637
JACQUARD (PIERRE). — Le prix Laplace lui est décerné 1968
— Un prix L.-E. Rivot lui est décerné. 1968
— Adresse des remercîments 1985
JACQUEMONT (PAUL) et HENRI HOLLARD. — Sur l'âge de la transgression gothlandienne au Sud de l'Anti-Atlas (Maroc) 75
JACQUES (JEAN). — Essai bibliographique sur l'œuvre et la correspondance d'Auguste Laurent, précédé d'une Note sur Laurent et Gerhardt (imp.) 222
JACQUET (JEAN). — Sur les moyens de lutte contre l'accident du « bleu », en fromagerie de pâtes molles du type camembert. Rôle des ferments 1568
JACQUET (PIERRE). — Le prix Montyon des Arts insalubres lui est décerné 1961
— La médaille Berthelot lui est attribuée 1961
— Adresse des remercîments 1984
JACQUET (PIERRE-A.). — Nouvelle méthode pour le polissage électrolytique rapide des surfaces et ses applications métallographiques... 2068
JACQUETY (Mlle YVONNE). — Étude de la couche protectrice sur les souches de deux *Rumex* 1437
JACQUIER (ROBERT). — Voir *Mousseron* (*Max*) et *divers* 1532, 1880
JACQUINOT (PIERRE). — Voir *Giacomo* (*Pierre*) et *divers* 985
JACQUIOT (CLÉMENT). — Sur les besoins en auxine et les caractères morphologiques externes des cultures de tissu cambial de quelques espèces d'arbres 510
JACQUOT (RAYMOND). — Voir *Bourdel* (Mlle *Geneviève*) et *Raymond Jacquot* 310, 1155
— Voir *Rerat* (*Alain*) et *divers* 192
JADIN (JEAN). — Voir *Giroud* (*Paul*) et *Jean Jadin* 686, 721
JAEGER (PAUL). — Sur le comportement saisonnier du Kololo [*Gilletiodendron glandulosum* (Port.) J. Léonard-Césalpiniacées] 1668
JAFFARD (PAUL). — Un exemple concernant les groupes de divisibilité 1264
— Sur la théorie algébrique de la croissance 1383
JAFFRAY (JEAN) et ROBERT MONTMORY. — Congélation orientée, de l'eau surfondue sur des surfaces

MM. Pages.
cristallines : 1° Cas du mica muscovite........................ 126
— Congélation orientée de l'eau surfondue sur des surfaces cristallines. Cas de l'iodure de plomb $Pb I_2$........................ 891
JAKOBI (Georges) et Georges LOCHAK. — Introduction des paramètres relativistes de Cayley-Klein dans la représentation hydrodynamique de l'équation de Dirac........................ 234
— Décomposition en paramètres de Clebsch de l'impulsion de Dirac et interprétation physique de l'invariance de jauge des équations de la Mécanique ondulatoire. 357
JANIN (Joseph) et Louis COTTON. — Photoconductibilité du métaantimoniate de calcium............ 580
JANOT (Maurice-Marie). — Voir *Goutarel* (*Robert*) et *divers*.......... 1670
JANOT (Maurice-Marie), Jean LE MEN et Youssef HAMMOUDA. — Sur la vincamédine, alcaloïde cristallisé du *Vinca difformis* Pourr. (Apocynacées)................. 85
JANOT (Maurice-Marie) et Jean LE MEN. — Sur les alcaloïdes cristallisés du *Lochnera* (Vinca) *rosea* (L.) Reichb. ou *Catharanthus roseus* G. Don.......... 1789
JANSSEN (Sylvain). — Voir *Darmois* (Mme *Geneviève*) et *Sylvain Janssen*...................... 1496
JANSSENS (Paul). — Voir *Van den Dungen* (*Frans*) et *divers*........ 627
JANVIER (Hippolyte). — L'anesthésie des proies, l'oophagie et la ponte chez *Tiphia femorata* F.... 872
JAOUL (Bernard). — Variations de la pente des courbes de déformation plastique des métaux.... 16
JARLAN (Lucien). — Voir *Fabri* (*Jean*) et *Lucien Jarlan*........ 1827
JAUMOTTE (André) et Simon GOLDSTEIN. — Propriétés de similitude d'une roue axiale isolée en régime de décollement tournant.. 2014
JAYLE (Max-Fernand). — Voir *Beaulieu* (*Étienne-Émile*) et *Max-Fernand Jayle*.................... 1247
JÉRÉMINE (Mme Constantin), née Élisabeth TCHERNAÏEFF. — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers*. 394
JOBERT (Mme Georges), née Nelly GICQUEL. — Évaluation de la période d'oscillation d'une sphère élastique hétérogène, par application du principe de Rayleigh (vibrations propres de rotation). 1230
JOLIOT (Pierre). — Dispositif ampérométrique de mesure de la photosynthèse...................... 677
JOLIVET (Jean). — Dérivés halogénés de la nor-cantharidine et de ses esters......................... 2085
— Voir *Riobé* (*Olivier*) et *Jean Jolivet*.. 164
JOLLÈS (Pierre) et Mlle Jacqueline THAUREAUX. — Hydrolyse trypsique du lysozyme d'œuf de Poule. Séparation par chromatographie sur colonne et analyse des peptides de l'hydrolysat........ 1685
— Id. Structure de quelques peptides séparés par chromatographie sur colonne et enchaînement C-terminal......................... 1926
JOLY (Fernand). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers*............. 504
JOLY (Maurice). — Voir *Renaud* (*Paul*) et *divers*...................... 24
JOSEPH (Kuttamathiathu J.). — De la présence de chimiorécepteurs sur la tarière de *Philotrypesis caricæ* L. (*Hym. Chalcidiens Callimomidæ*)..................... 1163
JOSEPH (Mlle Nicole). — Voir *Julia* (*Marc*) et Mlle *Nicole Joseph*.... 961
JOSIEN (Mlle Marie-Louise) et M. Pierre DIZABO. — Formation de complexes moléculaires entre le pyrrole, le benzènethiol, le phénol, les alcools et les monohalogénoalcanes.................... 44
JOST (Alfred). — Un prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet lui est décerné.................... 1965
— Adresse des remercîments......... 1984
JOST (Alfred) et Raymond TAVERNIER. — Application de la méthode à l'acide periodique-Schiff (*Mac Manus*) à l'étude de l'hypophyse fœtale du Rat...... 1353
JOUAN (R.). — Voir *Becker* (*O.*) et *J. E. Hofmann*.............. 1983
JOURNÉE D'ÉTUDE SUR LA RENTABILITÉ DE LA RECHERCHE. — L'Académie est informée de cette Journée d'étude au Palais de la Découverte, à Paris, le 7 novembre 1956............ 1383
JOUVET (Michel) et Jean-Édouard DESMEDT. — Contrôle central des messages acoustiques afférents. 1916
JUBERTHIE (Mme Christian), née Lisiane JUPEAU. — Existence de spermatophores chez les Sym-

MM. Pages.

phyles 1164
JUHLIN (Lennart). — Studies on the Dermal Connective Tissue Barrier (Thèse, Uppsala) (imp.) 1588
JUILLARD (Mlle Andrée). — Voir *Moussa (André)* et Mlle *Andrée Juillard* 1515
JULIA (Gaston). — Présente un Ouvrage de *Henri Milloux* et *Charles Pisot* 471
— Souhaite la bienvenue à Mlle *Ellen Gleditsch* 541
— Signale la présence et souhaite la bienvenue à M. *Jean Giaja* 617
— Signale la présence de MM. *Murray Protter, Gabor Szegö* et *Dmitri Ivanenko* 877
— Membre de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux* 1262
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')* 1811
JULIA (Marc) et Mlle Nicole JOSEPH. — Premières études sur la structure chimique d'un nouvel antibiotique, la congocidine 961

MM. Pages.

JULIA (Sylvestre), Yannik BONNET et Wilfried SCHAEPPI. — La (naphto-α, β)-2.3 tropone 1121
JULIA (Sylvestre) et Yannik BONNET. — Dérivés de la carboxy-5 cyclohexène-2 one-1 2079
JULIEN (Jean). — Voir *Mousseron (Max)* et *divers* 2077
JULLIEN (Antoine), Jean CARDOT, Jean RIPPLINGER et Mlle Denise CLAUDEY. — Réactions inflammatoires provoquées expérimentalement dans le foie des Céphalopodes décapodes 456
JULLIEN (Yves). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
JUNGERS (Joseph-Charles). — Voir *Leprince (Pierre)* et *Joseph-Charles Jungers* 2071
— Voir *Wauquier (Jean-Pierre)* et *Joseph-Charles Jungers* 1766
JUPEAU (Mlle Lisianne). — Présence d'organes glandulaires céphaliques chez *Scutigerella immaculata* Newport (Symphyles) 96
JURAIN (Georges). — Présence d'uranium dans quelques gîtes de manganèse dans les Vosges méridionales et centrales 1044

K

KAHAN (Théo), Guy RIDEAU et Paul ROUSSOPOULOS. — Les méthodes d'approximation variationnelles dans la théorie des collisions atomiques et dans la physique des piles nucléaires (imp.) ... 1468
KAHANE (Jean-Pierre) et Raphaël SALEM. — Sur les ensembles linéaires ne portant pas de pseudomesures 1185
— Sur les ensembles de Carleson et de Helson 1706
— Construction de pseudo-mesures sur les ensembles parfaits symétriques. 1986
KAMPÉ DE FÉRIET (Joseph). — Intégrales aléatoires de l'équation de la diffusion 929
— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
KANEKO (Katsu). — The geological Survey of Japan, its history, organization and work (imp.) 1986
KAPUANO (Isaac). — Points accessibles et corps de nombres complexes 546
KÁRGÁTCHIN (Célestin). — Assiste à une séance 929
KÁRMÁN (Théodore de). — Signale la présence de M. *Antonio Ferri*.. 1973
KARPMAN (Gilbert). — Onde de compression dans un fluide contenu dans un toro rigide à section carrée 770
KARPMAN (Gilbert) et Varadaraja Venkata RAMAN. — Sur une généralisation possible de la théorie des fluides à spin de Weyssenhoff. 1284

MM. Pages.

KASTLER (ALFRED). — Le prix du Conseil supérieur de la Recherche scientifique et du Progrès technique lui est décerné........... 1967
— Adresse des remercîments......... 1984
KAYSER (CHARLES). — Le prix Montyon de physiologie lui est décerné. 1964
— Adresse des remercîments......... 1984
— Voir *Corabœuf (Édouard)* et *divers*. 1444, 1673
KAZATO (KENJI). — Voir *Takahashi (Noboru)* et *Kenji Kazato*....... 1408
KELECSENYI-DUMESNIL (ERIC). — Voir *Champetier (Georges)* et *divers*. 269
KÉPINOV (LÉON). — Le rôle des surrénales et de l'hypophyse dans les variations du taux du glycogène et des lipides hépatiques provoquées expérimentalement chez le Rat par le choc opératoire...... 187
KERDAVID (MICHEL). — Voir *Pellier (Daniel)* et *Michel Kerdavid*..... 2086
KÉRISEL (JEAN). — Voir *Caquot (Albert)*...................... 1005
KHOUVINE (Mlle YVONNE). — Voir *Yagi (Kunio)* et *divers*.... 106, 1576
KIENY (Mme MADELEINE) [Mme PHILIPPE SENGEL]. — Action de la dicarnitine et de la carnitine synthétiques sur la croissance du tibia cartilagineux d'embryon de Poulet, cultivé en milieux synthétiques....................... 320
— Voir *Wolff (Étienne)* et Mme *Madeleine Kieny*.................. 2152
KIRRMANN (ALBERT). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216
KIRRMANN (ALBERT) et JEAN-JACQUES RIEHL. — Préparation des α-aminoaldéhydes : le mécanisme de la réaction................ 808
KLICKSTEIN (HERBERT S.). — Voir *Duveen (Denis I.)*............. 796
KLING (ROGER). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................. 216
KLUYSSENS (A.). — Voir *Universiteit te Gent*....................... 222
KNEISSL (M.). — Beiträge zur indirekten Streckenmessung mit 2 *m*-Invarbasislatte und Sekundentheodolit (imp.)................ 1091
KOGANE (Mme LÉON), née MADELEINE CHARLES. — Voir *Desveaux (Robert)* et Mme *Madeleine Kogane-Charles*........................ 1929
KOULKÈS (Mme MICHEL), née ANNE-MARIE PUJO. — Influence du pH sur la formation de l'eau oxygénée en présence d'air sous l'action des rayons γ du ^{60}Co.............. 1865
KOURISLKY (RAOUL). — Voir *Richou (Rémy)* et *divers*......... 1174, 1369
KOURISLKY (RAOUL), PIERRE BURTIN et RÉMY RICHOU. — Détermination de la fraction responsable de l'action antizymique des sérums vis-à-vis de certaines diastases microbiennes............ 1805
KOVACS (ANDRÉ). — Sur la cinétique de cristallisation partielle du polychlorure de vinyle............. 50
KOVER (FRANÇOIS). — Propriétés électriques de l'antimoniure d'aluminium....................... 648
KRASSIN (A. K.). — Assiste à une séance........................ 217
KRAVTCHENKO (JULIEN). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.............. 216
KRAVTCHENKO (JULIEN) et ANDRÉ DAUBERT. — Sur les lois approchées de la houle de Gertsner en profondeur finie............... 2006
KREINDLER (A.). — Neuroza astenica. Studii clinice fiziopatologice şi terapeutice (imp.)........... 1091
— Epilepsia. Cercetari clinice şi experimentale (imp.)............... 1091
KRISTENSEN (Mme JOHAN), née MARLYSE REH. — Condensation de l'acide phénylpyruvique avec la benzylidène-acétophénone....... 1885
KUENEN (PHILIP H.). — Voir *Faure-Muret* (Mlle *Anne*) et *divers*...... 1697
KURATOWSKI (CASIMIR). — Topologie vol. I et II. Deuxième édition (imp.)...................... 1182

L

LABERRIGUE-FROLOW (Mme ANDRÉ), née JEANNE FROLOW. — Voir *Yuasa* (Mlle *Tosiko*) et *divers*. 2045
LABORATOIRE DU MUSÉE DU LOUVRE. — Bulletin, n° 1 (imp.). 1263
LA BRETÈQUE (PIERRE DE). —

MM. Pages.

Études sur le gallium en vue de son extraction au cours de la fabrication de l'alumine (imp.)... 343
— Sur un nouveau procédé d'extraction du gallium................ 958
LABROUSTE (Mme Henri), née Yvonne DAMMANN. — Le prix Hélène Helbronner-Fould lui est décerné....................... 1966
— Adresse des remercîments......... 1984
LACAZE (Jean). — Sur les microséismes produits par certains fronts froids à Alger................. 1229
LACOMBE (Paul). — Voir *Cizeron (Georges)* et *Paul Lacombe*...... 951
LACOSTE (Robert). — Sur un nouveau système d'électrodes en vue de la détermination de la résistivité transversale des isolants......... 1609
— Voir *Lagasse (Jean)* et *divers*....... 1406
LACROIX (Alfred). — Notes posthumes, minéralogie, pétrographie, Madagascar (imp.).............. 1817
LAFFITTE (Marc). — Origine des variations de composition du sulfure de nickel hexagonal........ 58
LAFFORGUE (Paul). — Voir *Geffroy (Jacques)* et *divers*............. 1336
LAFLEUR (Charles). — Sur une partie réelle associée à l'impédance d'un circuit purement réactif........ 645
LAFOURCADE (Mlle Suzanne). — Voir *Peynaud (Émile)* et *Mlle Suzanne Lafourcade*............ 1800
LAGASSE (Jean), Robert LACOSTE et Jean PRADES. — Réalisation d'un fréquencemètre électronique de haute sensibilité à lecture directe........................ 1406
LAGRANGE (Mlle Raymonde) et Mlle Thérèse POBEGUIN. — Étude de quelques calculs rénaux ou vésicaux par diverses méthodes spectrographiques.............. 119
LAGRANGE (René). — Produits d'inversions et métrique conforme (imp.)........................ 1262
LAGRULA (Jean). — Voir *Castet (Jean)* et *divers*................ 1137
LALANDE (Robert). — Voir *Calas (Raymond)* et *Robert Lalande*.... 502
LALESCU (Traian). — Introducere la teoria ecuatiilor integrale (imp.).. 1006
LALLOUETTE (Pierre). — Voir *Ferrando (Raymond)* et *divers*....... 537
LAMBERT (Mme Marianne). — Voir *Cauchois (Mlle Yvette)* et *divers*. 12
LAMENSANS (André). — Voir *Farhi (Aldo)* et *divers*...... 613, 684, 1572

MM. Pages.

LANCE (Mme Claude), née Arlette NOUGARÈDE. — Sur les réactions cytologiques du *Chrysanthemum segetum* L. Composée, soumis à des photopériodes de durées et d'intensités différentes.. 302
LANDAIS (Jean). — Voir *Prévost (Charles)* et *Jean Landais*....... 1893
LANG (Robert). — Voir *Petermann (Horst Georg)* et *divers*......... 991
LANGERON (Jean-Paul) et Pierre LEHR. — Sur la préparation de gros cristaux de zirconium et la détermination de l'orientation des précipités d'hydrure de zirconium. 151
LANTEAUME (Marcel). — Voir *Faure-Muret (Mlle Anne)* et *divers*. 1697
LAPADU-HARGUES (Pierre) et Jacques MAINSONNEUVE. — Les relations probables en Corse, entre le massif granitique et les prétendus « schistes lustrés »........ 2107
LAPPARENT (Albert F. de). — Voir *Chauris (Louis)* et *divers*........ 77
LAUBRY (Charles). — Rapport du prix Argut.................... 1963
LAUDET (Michel). — Calcul de l'induction et de ses dérivées sur l'axe d'une lentille électronique magnétique de révolution............ 1855
LAUE (Max von). — Histoire de la Physique. Préface de *Maurice de Broglie*. Traduction française de *Henri Piatier* (imp.)........... 1983
LAUGIER (Henri). — Représentera le Centre national de la Recherche scientifique dans le Comité national des Sciences physiologiques. 329
LAUNOY (Léon). — Le prix Millet-Ronssin lui est décerné.......... 1965
— Adresse des remercîments......... 1984
LAURENT (Auguste). — Voir *Jacques (Jean)*......................... 222
LAURENT (Pierre). — Mode de terminaison et signification fonctionnelle des fibres myélinisées innervant sans relais ganglionnaire le tissu musculaire de l'oreillette des Téléostéens.................... 534
LAVOISIER (Antoine-Laurent). — Voir *Duveen (Denis I.)*......... 796
— Voir *Scheler (Lucien)*.............. 1704
LAZARRE (Flavien) et Boris VODAR. — Détermination de la viscosité de l'azote comprimé jusqu'à 3 000 kg/cm².......... 487
LEBEAU (Paul). — Délégué au Bicentenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts

MM. Pages.

et Métiers, le 17 novembre 1956.. 935
— Son remplacement comme Membre de la Commission du Contrôle de la Circulation monétaire........ 1705
— Réélu........................ 1818
— Voir *Enseignement scientifique* (*Commission de l'*)................ 1811
LEBÈGUE (André). — Embryogénie des Urticacées. Développement de l'embryon chez le *Parietaria officinalis* DC................... 817
LEBLANC (Mlle Michèle). — Voir *Binet* (*Léon*) et *divers*...... 467, 692
LEBLOND (André). — Le prix du Général Ferrié lui est décerné... 1961
— Adresse des remercîments......... 1984
LE BOITEUX (Henri). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................. 216
— Le prix Montyon de mécanique lui est décerné.................. 1960
— Adresse des remercîments......... 1984
LE BOT (Jean). — Voir *Freymann* (Mme *Marie*) et *divers*.......... 2048
LE BOURDELLES (Mlle Françoise). — Voir *Drilhon* (Mme *Andrée*) et *divers*........................ 1802
LEBRETON (Philippe). — Voir *Michel* (*Georges*) et *Philippe Lebreton*... 1071
LECAMP (Maurice). — Sur un procédé chimique de restauration du pouvoir de régénération chez un Batracien anoure, *Alytes obstetricans*... 1246
LECONTE (Jean-René). — Sur la présence de vanadates d'urane dans certaines formations filoniennes de Sidi-Ayad (massif primaire d'Aouli, Maroc central)......... 1650
LEFEBVRE (Jean) et Pierre SOUCHAY. — Composés cuivriques des acides-alcools.............. 1416
— Composés tartriques du cuivre et constitution de la liqueur dite de Fehling...................... 1626
LEFRANÇOIS (Bernard). — L'élimination du bioxyde d'azote dans le gaz de fours à coke.......... 585
LEFSCHETZ (Salomon). — Assiste à une séance.................... 1697
LE GALLIC (Yves). — Sur une méthode rapide d'identification et de mesure d'impuretés radioactives....................... 1623
LEGENDRE (Robert). — Formation d'un remous au bord d'attaque d'un profil d'aile.............. 838
— Écoulement subsonique transversal à un secteur angulaire plan...... 1716

MM. Pages.

— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.............. 216
— Le prix Lamb lui est décerné...... 1966
— Adresse des remercîments......... 1984
LEGENDRE (Roland). — Localisation d'un organe olfactif non encore décrit chez les Aranéides.. 1237
LEGRAND (Mlle Gilberte). — Présence de plénolases acides chez les Champignons supérieurs...... 2167
LEGRAND (Gilles). — Structures presque hermitiennes au sens large.......................... 1392
LEGRAND (Jean-Jacques). — Sur un nouveau type d'intersexualité chez l'Oniscoïde *Porcellio dilatatus*, révélé par l'élevage au laboratoire.. 1363
— Détermination polyfactorielle du sexe et double déterminisme des caractères sexuels mâles chez les Oniscoïdes......................... 1565
LEHMANN (Pierre), Antoine LÉVEQUE et Robert PICK. — Étude du rayonnement γ provenant de la désexcitation du niveau à 8,06 MeV dans ^{14}N........... 743
LEHR (Pierre). — Voir *Langeron* (*Jean-Paul*) et *Pierre Lehr*...... 151
LEJAY (Pierre). — Rapport du prix Victor Raulin................. 1962
LEJEUNE (Georges). — Voir *Savornin* (*Jean*) et *Georges Lejeune*... 32
LEMAIRE (Robert) et Michel BOURA. — Une technique d'étude du fonctionnement des centres cardiomoteurs....................... 518
LE MAÎTRE (Mlle Dorothée). — Tabulés des formations dévoniennes du Nord de l'Afrique.... 1339
— Le genre *Staphylopora* n. g. Caractères et gisements de *Staphylopora chætetiformis* Le Maître......... 1654
LE MASNE (Georges). — Recherches sur les Fourmis parasites *Plagiolepis grassei* et l'évolution des *Plagiolepis* parasites.............. 673
— Id. Le parasitisme social double.... 1243
LEMÉE (Albert). — Le prix Foulon de botanique lui est décerné..... 1962
— Adresse des remercîments......... 1984
LE MEN (Jean). — Voir *Janot* (*Maurice-Marie*) et *divers*........ 85, 1789
LE MINOR (Léon). — Voir *Farhi* (*Aldo*) et *divers*................ 684
LEMOIGNE (Maurice). — Membre du Conseil de perfectionnement de l'Institut National Agronomique,

MM. Pages.

en remplacement de M. *Auguste Chevalier*, décédé 1587
— Rapport du prix du Docteur et de Mme Henri Labbé 1966
LE MONTAGNER (Serge) et André LE TRAON. — Observation de relaxation diélectrique et de déplacements de la température de transition dans le sulfate d'ammonium 1034
LENEUF (Noël) et Georges AUBERT. — Sur l'origine des savanes de la basse Côte-d'Ivoire 859
LENOBLE (Mlle Jacqueline). — Sur la pénétration du rayonnement ultraviolet dans les eaux côtières de Bretagne 668
— Id. dans les eaux méditerranéennes. 1781
LENOUVEL (M.-A.). — Voir *Institut de Calcul Blaise-Pascal* 1706
LENSEN (Marcel). — Voir *Michel* (*André*) et *Marcel Lensen* 1422
LE PAGE (Mlle Madeleine). — Voir *Freymann* (*René*) et *divers* 1522
LEPRINCE (Pierre) et Joseph-Charles JUNGERS. — Sur un cas manifeste de cocatalyse 2071
LE ROLLAND (Paul) et Mme Élizabeth PLENARD. — Sur la dissipation relative d'énergie par cycle de déformation à basse fréquence, propriété spécifique de la matière. 1488
LE ROLLAND (Paul), Mme Élisabeth PLENARD et M. Pierre PESENTI. — Sur la correction d'encastrement dans les essais de flexion 1721
LEROY (Pierre). — Croissance dysharmonique de la crête du Coq domestique maintenu à l'obscurité 210
LERUSTE (Philippe). — Représentation possible de la théorie des probabilités dans l'espace-temps relativiste (cas d'un seul point aléatoire) 1021
— Introduction possible à une Mécanique statistique du point aléatoire relativiste 1102
LESBRE (Michel). — Voir *Caujolle* (*Fernand*) et *divers* 987
— Voir *Mathis-Noël* (Mme *Raymonde*) et *divers* 257
LESCHI (Mme Jeanne). — Variations relatives des angles et des dimensions linéaires du massif facial supérieur chez l'Homme actuel; application à l'étude du prognathisme 431

MM. Pages.

LESIEUR (Léonce) et Robert CROISOT. — Sur la décomposition en idéaux primaires dans un anneau non nécessairement commutatif 1988
LEVADITI (Jean). — Voir *Fromentin* (Mme *Huguette*) et *divers* 1077
LÉVÊQUE (Antoine). — Voir *Lehmann* (*Pierre*) et *divers* 743
LÉVÊQUE (Paul). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers* 1639
LÉVY (Mlle Jeanne) et Mme Estera MICHEL-BER. — Analyse des effets exercés par la sérotonine sur l'oreillette isolée de Lapin 326
— Mise en évidence de l'action excito-ganglionnaire exercée par la sérotonine sur l'intestin isolé 989
— Différenciation, sur le duodénum isolé de Rat, des actions inhibitrices exercées par l'atropine vis-à-vis de la transmission synaptique 1691
LIBESSART (Paul). — Voir *Congrès international de Chronométrie* 735
LICHNEROWICZ (André). — Sur la réductibilité des espaces homogènes riemanniens 640
LINDBLAD (Bertil). — Adresse un Mémoire : « On a barred spiral structure in the Andromeda nebula » 1090
LINDENBERG (A. Bernard). — Sur une relation simple entre le volume moléculaire et la solubilité dans l'eau des hydrocarbures et dérivés halogénés 2057
LINTIA (Dionisie). — Pasarile din R. P. R. Vol. Al II-lea (imp.) 1182
LISSITZKY (Serge). — Un prix du Docteur et de Mme Henri Labbé lui est décerné 1966
— Adresse des remercîments 1984
— Voir *Miranda* (*François*) et *Serge Lissitzky* 1458
LLIBOUTRY (Louis). — Observation d'éboulis à lits de limon en cours de formation et anciens dans les Andes de Santiago 2108
LOC (T. Ba). — Voir *Hoï* (*N. P. Buu*) et *divers* 1126
LOCHAK (Georges). — Voir *Jakobi* (*Georges*) et *Georges Lochak*. 234, 357
LOCQUIN (Marcel). — Dispositif modulateur de phase et d'amplitude permettant la réalisation d'un contraste de phase sans plaque de phase matérielle 901
LÖFSTEDT (Einar). — Voir *Mras* (*Karl*) 344

MM. Pages.

LOISELEUR (Jean). — Préparation et propriétés du sérum antihyaluronidase........................ 2187

LONCHAMP (Jean-Pierre). — Voir *Cüer (Pierre)* et *divers*.......... 709

LONG (Charles). — Délégué de la France au XV[e] Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216

LORENTZ (Stanislaw). — Museums and Collections in Poland, 1945-1955 (imp.).................... 1383

LORIERS (Jean). — Voir *Achard (Jean-Claude)* et *divers*.......... 493

LORON (Mariano Martin). — Medida del Tiempo (imp.)............. 1985

LOTH (William). — Présenté en deuxième ligne pour la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*.............. 1693

LOUBATIÈRES (Auguste). — Action hypoglycémiante et antidiabétique du para-aminobenzène-sulfamido-tertio-butyl-thiodiazol........... 420

LOUDETTE (Pierre) et André CHARRU. — Étude polarimétrique d'un ferrite dans la bande des 2 000 MHz................ 251

LOURAU (M[me] Marguerite) et M. François MEYER. — Incorporation du C^{14} fourni par du glucose dans le lyo et le desmo-glycogène du foie de Rat........ 1688

LÖVKVIST (Börje). — The cardamine pratensis complex outlines of its cytogenetics and taxonomy (Thèse Uppsala) (imp.)................ 1986

LUMBROSO (Roger) et Jean PETIT. — Sur l'influence de la structure d'une résine échangeuse de cations dans la séparation uranium-uranium X....................... 145

LUMBROSO (M[me] Roger), née Claudine LEHMAN. — Voir *Gault (Henry)* et M[me] *Claudine Lumbroso*.................. 1330, 1970

LUPU (N. Gh.) et C. VELICAN. — Pneumoconiozele - neprofesionale (imp.)......................... 1091

LUSINCHI (Xavier). — Voir *Delaby (Raymond)* et *divers*............ 2082

LWOFF (André). — Le prix Petit d'Ormoy des Sciences chimiques et naturelles lui est décerné..... 1965

— Adresse des remercîments......... 1984

LYTTKENS (Sonja). — The remainder in Tauberian theorems (Thèse Uppsala) (imp.)............... 13

M

MABBOUX (Claude). — Voir *Mabboux-Tariel (M[me] Geneviève)* et M. *Claude Mabboux*........... 1509

MABBOUX (M[me] Claude), née Geneviève TARIEL et M. Claude MABBOUX. — Spectre énergétique de certaines fonctions aléatoires de la forme ± 1.......... 1509

Mc KENZIE (A. E. E.). — A second course of Light (imp.)........... 117

MAC KIE (Douglas). — Priestley's laboratory and library and other of his effects (imp.)........... 1901

— An unpublished letter from Priestley to John Parker (imp.).......... 1091

MACKOWIAK (Czeslaw). — Voir *Petermann (Horst Georg)* et *divers*. 991

MAGNÉ (Jean). — Voir *Fallot (Paul)* et *divers*...................... 1975

MAIRY (Claude). — Voir *Adda (Yves)* et *divers*..................... 1115

MAISONNEUVE (Jacques). — Voir *Lapadu-Hargues (Pierre)* et *Jacques Maisonneuve*.............. 2104

MALAVARD (Lucien). — Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................... 216

MALEN (Charles). — Voir *Boissier (Jacques-R.)* et *divers*........... 529

MALGORN (Guy). — Lexique technique français-anglais et anglais-français (imp.)................ 1383

MALICH (V. A.). — Assiste à une séance......................... 217

MALYCHEFF (M[lle] Véra). — Une subvention lui est accordée sur le fonds des Laboratoires.......... 1968

— Adresse des remercîments......... 1985

MA MIN-YUAN. — Sur les symboles de Hankel et le calcul de $J_\nu(z)\,Y_{\nu+p}(z) - Y_\nu(z)\,J_{\nu+p}(z)$. 1995

MM. Pages.
MANDELBROT (Benoit). — Exhaustivité de l'énergie totale d'un système en équilibre, pour l'estimation de sa température 1835
MANENC (Jack). — Diffusion anormale des rayons X au cours de la précipitation dans un alliage à base de nickel contenant 7 % de silicium. 1119
MANIGAULT (Pierre) et Mlle Janine SALMON. — Nouveaux indices de la réactivité des tissus végétaux dans les processus de cancérisation expérimentale 173
MANLEY (R. St. John). — Properties of ethyl hydroxyethyl cellulose molecules in solution (Thèse, Uppsala) (imp.) 13
MARÇAIS (Jean). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers* 504
MARCHAL (Raymond). — La Thermodynamique et le théorème de l'énergie utilisable (imp.) 12
MARÉCHAL (Ernest). — Voir *Pastour* (*Paul*) et *Ernest Maréchal* 166
MARÇAT (Jean). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers* 504
MARINESCU (G.). — Spatii vectoriale normate (imp.) 1006
MARNAY (Mlle Christiane), Mlle Monique PRELOT et M. Yves RAOUL. — Activité hypercalcémiante sur le Chien normal ou thyroparathyroïdectomisé d'une fraction lipidique extraite des glandes parathyroïdes 681
MARONI (Pierre) et Jacques-Émile DUBOIS. — Étude quantitative des variations du spectre d'absorption ultraviolet des cétones saturées aliphatiques en fonction de la structure : calcul de la longueur d'onde du maximum 138
— *Erratum* 996
MARQUET (Mlle Simone). — Base de la théorie cinétique, équation de Boltzmann 1193
MARSZAK (Israël). — Voir *Epsztein* (*Roland*) et *Israël Marszak* 283
MARTEL (Mme Lucien), née Marie-Thérèse CHOSSAT. — Mesures photoélectriques de l'excès de couleur de sept nébuleuses diffusantes par rapport aux étoiles qui les éclairent 1401
— Polarisation de la lumière émise par la nébuleuse du Crabe 1726
MARTENS (Pierre). — Adresse une collection de tirages à part de ses travaux de Botanique 221
— Assiste à une séance 1373
MARTENSSON (Olle). — Bryophytes of the Torneträske-Area, northern Swedish Lappland (Thèse, Uppsala) (imp.) 13
MARTIN (André). — Une démonstration élémentaire des inégalités causales de Wigner 22
MARTIN (Charles-Noël). — L'atome, maître du monde (imp.) 12
MARTIN (François). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne 216
MARTIN (H.). — Pulmonary Uptake of oxygen, acid-base metabolism and circulation during prolonged apnoea (Thèse, Uppsala) (imp.) .. 13
MARTIN (J.). — Voir *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*... 546
MARTIN (Jean). — Résultats des premiers travaux français effectués avec un mesureur électrique de courant à électrodes remorquées. 1432
MARTINET (André). — Synthèse d'acides benzacridine-mésocarboniques 278
MARTYNOFF (Modeste). — Recherches spectrographiques dans le groupe de l'anthracène. Absorption des acyl-1 anthracènes et de leurs dérivés azotés 2097
MASSÉ (Pierre) et Georges MORLAT. — Le prix Montyon de Statistique leur est décerné 1964
— Adressent des remercîments 1984
MASSONET (Mlle Renée). — Voir *Grangaud* (*René*) et *divers* 1170
MASUI (Toshiro). — Voir *Terrien* (*Jean*) et *Toshiro Masui* 776
MATHEY (Jean). — Le prix Henriette Regnier lui est décerné 1963
— Adresse des remercîments 1984
MATHIEU (Jean-Paul). — Voir *Penot* (Mlle *Denise*) et *divers* 1303
MATHIEU (Marcel). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles 216
MATHIS (Mme Ferdinand), née Raymonde NOËL, MM. Michel LESBRE et Irénée SÉRÉE DE ROCH. — Spectres d'absorption infrarouge de quelques stannanes vrais aliphatiques 257
MATSCHINSKI (Matthias). — Décahexaèdre régulier et une propriété spéciale des espaces au nombre de dimensions égal à quatre ou

MM. Pages.
supérieur........................ 472
— Introduction des moyennes dans les équations de la mécanique et principe de Saint-Venant........... 1273
— Formule d'Euler généralisée et condition de son application. Courbure extérieure et intérieure......... 1595
MATTA (GABRIEL). — Influence de la capillarité sur l'écoulement de filtration en régime permanent à travers les digues en terre....... 1398
— Technique de réalisation de modèles en sable pour l'étude des infiltrations........................ 1830
MATTAUER (MAURICE). — Présence de Dévonien dans le massif de l'Ouarsenis (département d'Alger). 73
MAUGÉ (ROBERT). — Voir *Boissier* (*Jacques-R.*) et *divers*........... 529
MAUGUIN (CHARLES). — Rapport du prix Carrière de géologie........ 1962
MAURAIN (CHARLES). — Rapport du prix Hélène Helbronner-Fould... 1966
MAURER (Mme GÉRARD), née FRANÇOISE TISON. — Sur les coordonnées isothermes en théorie unitaire....................... 1196
MAXWELL (DONALD). — Sur la sensibilisation (inactivation partielle) des Bactériophages............ 717
MAY (RAOUL-MICHEL). — Voir *Thomas* (*J.-André*).................... 1984
MAYER (ANDRÉ). — Son remplacement dans la Section d'Économie rurale.............. 1091, 1818, 1984
— M. *K. M. Bykov* adresse des condoléances à l'occasion de sa mort... 1587
MAYER (Mlle EVA). — Voir *Cerf* (*Roger*) et Mlle *Eva Mayer*...... 148
MAYER (G.). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*.............. 12
MAYER (HERMANN). — Variation du facteur de qualité des cristaux piézoélectriques en fonction de la pression....................... 246
MAZET (ROBERT). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216
MAZOUÉ (Mme LOUIS), née HENRIETTE GIRY. — Voir *Chauchard* (*Paul*) et Mme *Henriette Mazoué*........ 89
MEDVEDEVA (Mme NINA), M. MOÏSE NEIMAN et Mlle HÉLÈNE TORSOUEVA. — Formation de l'éthane lors du craquage du propane......................... 1203
MEINNEL (JEAN), MARCEL EVENO et FERNAND TRIGOLET. — Influence de l'état physique et de l'irradiation infrarouge sur l'absorption dipolaire hertzienne d'échantillons très purs de sélénium hexagonal..................... 1761
MEJIA-RICART Y GUZMAN (OCTAVIO AUGUSTO). — Teoria metabolica del desarollo del sexo (imp.). 1263
MENDE (SERGE DE). — Voir *Audubert* (*René*) et *Serge de Mende*....... 53
MENTZER (CHARLES). — Voir *Chopin* (*Jean*) et *divers*................ 712
MERCIER (Mme ROBERT), née LUCETTE PAROT. — Voir *Tuchmann-Duplessis* (*Herbert*) et Mme *Lucette Mercier-Parot*...... 410, 1064
MÉRIEL (PIERRE). — Voir *Bertout* (*Félix*) et *divers*................ 898
MERING (JACQUES). — Voir *Petitpas* (Mlle *Thérèse*) et *Jacques Mering*. 47
MÉRINIS (JEAN). — Voir *Michon* (*René*) et *divers*................ 2194
— Voir *Süe* (*Pierre*) et *divers*......... 1809
MERLE (Mlle MARIE). — Sur la fréquence des ondes sonores émises par un jet d'air à grande vitesse.. 490
MESNAGE (PIERRE). — Le prix Rochat-Juliard de physique lui est décerné.................... 1961
— Adresse des remercîments......... 1984
MESNARD (GUY) et ROBERT UZAN. — Le déclin de l'émission thermoionique des cathodes à oxydes alcalinoterreux et à oxyde de thorium en régime d'impulsions..... 1502
MESSER (MAYER). — Voir *Jacob* (*Robert-Michel*) et *Mayer Messer*. 1637
MEYER (ANDRÉ). — Voir *Béthune* (*Pierre de*) et *André Meyer*...... 1132
MEYER (FRANÇOIS). — Voir *Lourau* (Mme *Marguerite*) et *François Meyer*......................... 1688
MEYER (GEORGES). — Voir *Pernet* (*Robert*) et *divers*............... 1352
MEYER (MAXENCE) et CLAUDE SHIMODAIRA. — Influence de l'humidification de l'éther sur le démarrage de la réaction de Grignard. Action de l'éther humide sur les organomagnésiens........ 846
— *Erratum*.......................... 1371
MEYNIER (Mlle DENISE). — Voir *Caujolle* (*Fernand*) et *divers*. 609, 987, 1933
MIALHE (Mme PIERRE), née CÉCILE VOLOSS et M. FRED STUTINSKY. — Utilisation de Rats normaux traités à l'hydrocortisone pour la mise en évidence *in vivo*

MM. Pages.
d' « hypophysostimulines » à effet corticotrope.................... 189
MICHA (M.). — Voir *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*....... 546
MICHEL (André). — A propos d'une récente Communication de Selwood, Adler et Phillips sur l'analyse thermomagnétique de catalyseurs au nickel sur support.... 373
MICHEL (André) et Marcel LENSEN. — Sur la stabilisation du sesquioxyde de fer cubique...... 1422
MICHEL (Bernard). — Sur la théorie non linéaire de la stabilité d'une installation hydroélectrique munie d'une cheminée d'équilibre...... 2017
MICHEL (Georges) et Philippe LE-BRETON. — Les troubles métalliques de la bière. Composition du trouble stanneux............... 1071
MICHEL (Louis). — Voir *Bouchiat (Claude)* et *Louis Michel*........ 642
MICHEL (Maurice). — *Erratum* relatif à une précédente Communication (242, 1956, p. 2885)........... 928
MICHEL (Pierre). — Étude par diffraction électronique de la formation des alliages aluminium-antimoine en couches minces....... 2063
MICHEL (Raymond). — Le prix Laura Mounier de Saridakis lui est décerné...................... 1966
— Adresse des remercîments......... 1984
— Voir *Courrier (Robert)* et *divers*..... 5
— Voir *Roche (Jean)* et *divers*........ 1067
MICHEL (Mme Raymond), née Odette LILA. — Voir *Courrier (Robert)* et *divers*...................... 5
MICHEL (Roger) et Maurice SIRIEIX. — Sur un nouveau procédé de déclenchement de la transition de la couche-limite........ 231
MICHEL-BER (Mme Estera). — Voir *Lévy (Mlle Jeanne)* et *Mme Estera Michel-Ber*............ 326, 989, 1691
MICHON (Georges). — Décontamination radioactive cutanée par ionosphère..................... 976
MICHON (René). — Voir *Süe (Pierre)* et *divers*................ 1809, 2194
MIGEOTTE (M.), L. NEVEN et J. SWENSSON. — Voir *Observatoire royal de Belgique*......... 1818
MIHOC (G.). — Voir *Onicescu (O.)* et *divers*......................... 1006
MILHAUD (Gérard), Jean-Paul AUBERT et Mlle Jacqueline MILLET. — Métabolisme du carbone dans la chimioautotrophie. Cycle d'assimilation de l'anhydride carbonique....................... 102
MILLET (Mlle Jacqueline). — Voir *Milhaud (Gérard)* et *divers*...... 102
MILLOUX (Henri). — Traité de Théorie des Fonctions, tome I. Principes, méthodes générales, fascicule II, avec la collaboration de *Charles Pisot* (imp.)............ 471
— Présenté en deuxième ligne pour la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*....................... 1575
— Obtient des suffrages....... 1586, 1705
MINAW (Faris). — La résistance de rayonnement d'une antenne dipôle au-dessus d'un plan conducteur, étudiée du point de vue de la prospection géophysique........ 1603
MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES. — Direction des Relations culturelles. Informations scientifiques, 1956, n° 1 (imp.).. 1182
MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE. — Invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire du Bureau des Longitudes, vacante par la mort de M. le Général *Tilho*............ 12
— 1° M. *Guillaume Grandidier*; 2° M. *Pierre Tardi*, lui seront présentés. 1181
— *Le Directeur général de l'Enseignement supérieur* signale la publication d'une nouvelle « Revue de l'Enseignement supérieur »...... 1706
MINISTRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES ET FINANCIÈRES. — Invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie de la Commission du Contrôle de la circulation monétaire pour une période de trois ans, en remplacement de MM. *Marcel Delépine* et *Paul Lebeau*................. 1705
— M. *Marcel Delépine* et *Paul Lebeau* sont réélus.................... 1818
MINISTRY OF INFORMATION AND BROADCASTING [India]. — Nuclear Explosions and their effects, foreword by *Jawaharlal Nehru* (imp.)......................... 1182
MINORSKY (Nicolas). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................. 216
MIRANDA (François) et Serge LISSITZKY. — Sur les perturbations

MM. Pages.

observées dans la chromatographie sur papier d'une base organique non amphotère (l'agmatine) et sur la contribution de ces faits à l'analyse du phénomène de chromatographie sur papier en général. 1458

MITRINOVITCH (DRAGOSLAV S.). — Nouvelles formules relatives aux polynomes de Legendre......... 1387
— *Erratum*......................... 2196

MITROVIC (DUSAN). — Conditions graphiques pour que l'argument de chacune des racines d'une équation algébrique soit compris entre $(\pi/2)+\mu$ et $(3\pi/2)-\mu$......... 831

MITRUSHI (ILIA). — Instituti i Shkencave (Tirane). Druret dhe Shkurret et Shqiperise (imp.)............. 1006

MOARRI (JEAN-PIERRE). — Voir *Grangaud (René)* et *divers*........... 1170

MOISIL (GREGORE C.). — Assiste à une séance.................... 829

MOLDENKE (HAROLD N.). — La famille des Verbénacées et celle des Avicenniacées, *in* Flore de Madagascar et des Comores (imp.). 1090

MOLHO (DARIUS). — Voir *Chopin (Jean)* et *divers*................ 712

MOLHO (DARIUS) et Mlle MICHÈLE CHADENSON. — Sur une nouvelle transposition : passage de certaines hydroxy-2 benzyl-2 coumaranones-3 aux benzal-3 coumaranones-2 par réaction thermique. 780

MONFILS (ANDRÉ). — Voir *Duchesne (Jules)* et *divers*........... 144, 259

MONNIER (ALEXANDRE). — Représentera le Centre national de la Recherche scientifique dans le Comité national des Sciences physiologiques..................... 329

MONNIER (Mme GILBERT), née JACQUELINE HENRY. — Voir *David (Serge)* et Mme *Jacqueline Monnier*. 597

MONTASTRUC (PAUL). — Voir *Baïsset (Antoine)* et *divers*............ 413

MONTEGUDET (GILLES). — Voir *Champetier (Georges)* et *divers*... 269

MONTEGUT (JACQUES). — Premières observations sur la mycoflore des sols sablonneux des Landes de Gascogne..................... 1144

MONTEL (Mme ÉLIANE). — Sur une méthode de champ alternatif pour la mesure des mobilités d'ions gazeux....................... 1735

MONTEL (PAUL). — Délégué à la Réunion des Mathématiciens d'expression latine, à Nice, du 12 au 18 septembre 1957............. 117
— Id. au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Id. dans le Comité de direction de la Caisse nationale des Lettres.... 1818
— Est élu Vice-Président pour l'année 1957...................... 1817
— Rapport du Grand prix des Sciences mathématiques et physiques..... 1965

MONTMORY (ROBERT). — Voir *Jaffray (Jean)* et *Robert Montmory*. 126, 891

MONTREUIL (JEAN) et JAMES HOLLEMAN. — Composition d'un glycoprotéide isolé du lait de Femme........................ 1069

MONTUELLE (JEAN). — Étude de l'influence de certains atomes étrangers sur la polygonisation de la solution solide aluminium-zinc... 155

MOREAU (CLAUDE). — Voir *Dupuy (Pierre)* et *Claude Moreau*...... 1635

MOREL (FRANÇOIS). — Voir *Courrier (Robert)* et *divers*.......... 217, 333

MOREL (HENRI). — Évaluation de l'erreur sur un pas dans la méthode de Runge-Kutta....... 1999

MOREL (Mme VICTOR), née JEANNINE VIARD. — Luminosité aurorale produite par des protons de direction quelconque................ 292

MORET (LÉON). — Délégué à l'inauguration des plaques commémoratives aux noms de *Déodat Gratet de Dolomieu* et *Élie Cartan*, à Dolomieu (Isère), le 16 septembre 1956................... 796
— Pose sa candidature à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.. 1262
— Présenté en deuxième ligne........ 1575
— Obtient des suffrages............ 1705

MORING CLAESSON (INGRID). — The effect of ultraviolet light, (λ 2537 Å) on *Helix pomatia* hemocyanin and bovine serum albumin as studied by the changes in the ultraviolet spectrum and sedimentation behaviour (Thèse, Uppsala) (imp.).... 13

MORIYAMA (HIDEO). — The nature of Viruses and the Origin of Life. — Immunity (imp.)............ 699

MORLAT (GEORGES). — Voir *Massé (Pierre)* et *Georges Morlat*. 1964, 1984

MOSSION (XAVIER). — Voir *Cavier (Raymond)* et *Xavier Mossion*... 1807

MOSZKOWSKA (Mme ANNE) (Mme ANATOLE WAYSBAUM). — L'an-

MM. Pages.

tagonisme épiphyso-hypophysaire. Étude *in vitro* par la méthode de E. Wolff...................... 315

MOTT (NEVILLE FRANCIS). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*... 12

MOUHASSEB (ADNAN). — Sur les vibrations collectives d'une structure « en couches » de particules.. 1289

MOUILLÉ (Mme ALAIN), née PAULE VIROLLE. — Voir *Hazard* (*René*) et *divers*...................... 452

MOULLEC (JEAN). — Voir *Fine* (*Jean*) et *Jean Moullec*............... 1570

MOUREU (HENRI). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216

MOUREU (HENRI), PAUL CHOVIN et LOUIS PETIT. — Sur la formation d'un dérivé du diaza-1.4 norcarane.................... 910

MOURIQUAND (GEORGES), Mme VIOLETTE EDEL et Mlle RENÉE CHIGHIZOLA. — Cyanocobalamine (vitamine B_{12} et indice chronologique vestibulaire............. 731

MOUSSA (ANDRÉ) et Mlle ANDRÉE JUILLARD. — La capture d'électrons L dans la désintégration du cobalt 57...................... 1515

MOUSSERON (MAX), FRANÇOIS WINTERNITZ et CLAUDE BALMOSSIÈRE. — Quelques condensations diéniques avec l'(acétoxy-1-vinyl)-1-cyclohexène........... 1328

MOUSSERON (MAX), ROBERT JACQUIER et HENRI CHRISTOL. — Réarrangements rétropinacoliques dans quelques réactions d'aromatisation....................... 1532

MOUSSERON (MAX), ROBERT JACQUIER et Mlle RENÉE FRAISSE. — Recherches dans la série du bicyclo-(0.1.4.) heptane......... 1880

MOUSSERON (MAX), JEAN JULIEN et HUBERT BODOT. — Interprétation des cinétiques de solvolyse de chloro-2 cyclopentanols et cyclohexanols-trans............. 2077

MOUTACH (MICHEL). — Voir *Bastick* (Mme *Marthe*) et *divers*.......... 1764

MRAS (KARL). — Einar (Haimon Harald) Löfstedt (imp.)......... 344

MUMFORD (LEWIS). — Voir *Thomas Jr.* (*William L.*) et *divers*....... 764

MUNSCHY (GILBERT). — Sur quelques relations de récurrence entre certains polynomes d'Appell et Kampé de Fériet.............. 767

MURAOUR (Mme HENRI), née JULIA SEMAT. — Un prix lui est décerné sur le fonds des Laboratoires....................... 1968

— Adresse des remercîments......... 1984

MUTVEI (HARRY). — Découverte d'une riche microfaune dans le calcaire silurien de la région de la Saoura (Sahara du Nord)............. 1653

N

NAHUM (ROBERT). — Réduction par l'amalgame de sodium de l'aldéhyde crotonique : méthyl-3 heptane diol-1.4................. 849

NAÏM (Mlle LINDA). — Sur l'allure à la frontière des fonctions harmoniques positives................ 1266

NAJER (HENRY). — Voir *Giudicelli* (*René*) et *divers*........... 108, 1931

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES [WASHINGTON]. — National Research Council. The Biological effects of Atomic Radiation. Summary Reports (imp.)........... 471

— A Report to the Public (imp.)...... 471

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [TEDDINGTON]. — Wage Accounting by Electronic Computer (imp.)................... 222

NEHRU (JAWAHARLAL). — Voir *Ministry of Information and Broadcasting* (*India*)................ 1182

NEIMAN (MOÏSE). — Voir *Medvedeva* (Mme *Nina*) et *divers*........... 1203

NENCKI (MARCELI). — Voir *Polska Akademia nauk*..................... 1818

NEVEN (L.). — Voir *Migeotte* (*M.*)... 1818

NEVEU (Mme MARCEL), née CÉCILE BAUDARD. — Voir *Salmon-Legagneur* (*François*) et Mme *Cécile Neveu*................ 162, 2088

NICOLAU (ST. S.). — Cancer și virusuri (imp.)..................... 1092

NICOLAU (V.), A. FROIMESCU et

MM. Pages.

M. WEISSENBERG. — Betonul precomprimat (imp.)............ 1182
NICOLESCO (MIRON). — Sur un théorème de M. J. Hadamard....... 13
NICOLLE (JACQUES) et Mme FEIGA WEISBUCH. — L'action du chlorure de lithium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde sur la vitesse de mutarotation de certains « oses »................. 842
NICOLLE (PIERRE), JEAN-FRANÇOIS VIEU et Mlle GISÈLE DIVERNEAU. — Lysotypes ubiquitaires exotiques et rares du bacille typhique..................... 454
NICOLLE (PIERRE), JEAN-FRANÇOIS VIEU et Mmes RADMILLA SKALOVA et JACQUELINE BRAULT. — Uniformité et diversité biochimiques des lysotypes du bacille typhique..................... 994
NICOT (Mme JACQUES), née JACQUELINE TOULOUSE. — Observations sur la mycoflore du sol du bois des Rièges (Camargue)............ 820
NIEF (GUY). — Voir *Goldman (Maurice)* et *divers*.................. 1414
NIGGLI (JULIUS). — Über die Persistenz des Maul- und Klauenseuche-Virus in der Leber und Milz des Rindes. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktor würde der Vetetinär-Medizinischen Fakultät der Universität Bern (imp.)...... 1182
NOBEL [COMITÉ]. — Les Prix Nobel en 1955 (imp.)................ 1588
NOFRE (CLAUDE). — Voir *Drevon (Barthélemy)* et *divers*........... 607
NOIRFALISE (A.). — Voir *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*......................... 546
NÖRLUND (NIELS ERIK). — Adresse son Mémoire : « Sur les fonctions hypergéométriques d'ordre supérieur »....................... 1984
NOUGARO (JEAN). — Réflexion et transmission d'une intumescence à un changement de section dans un canal découvert............. 1016
NOVACU (VALER). — Introducere in Electrodinamica. Vol. I et II (imp.)......................... 1182

O

OBERLING (CHARLES). — Voir *Thomas (J.-André)*..................... 1984
OBSERVATOIRE D'ABBADIA. — Une subvention Loutreuil lui est attribuée...................... 1967
OBSERVATOIRE ROYAL DE BELGIQUE. — Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège. Le spectre solaire de 2,8 A-23,7 μ. Première partie : Atlas photométrique, par *M. Migeotte, L. Neven* et *J. Swensson* (imp.)..... 1818
O'CONNOR (CECILIA M.). — Voir *Wolstebholme (G. E. W.)*........ 764
OECONOMOU (GEORGES). — Sur le premier cas du théorème de Fermat pour les exposants pairs.. 1588
OHANESSIAN (Mme ONICK), née ANNIE GUILLEMAIN. — Sensibilité héréditaire à l'anhydride carbonique chez la Drosophile. Étude d'une mutation du virus σ modifiant son spectre d'activité...... 1922
OMNES (ROLAND). — Étude des termes à plusieurs mésons dans l'équation de Chew et Low....... 1019
ONDE (HENRI). — Le prix Binoux de géographie lui est décerné....... 1960
— Adresse des remerciements......... 1984
ONICESCU (O.), G. MIHOC, C. T. IONESCU TULCEA. — Calcul probabilitatilot și aplicaitii (imp.). 1006
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE. — Comité mixte FAO/OMS d'experts de la nutrition. Rapport sur la quatrième session (imp.)......... 882
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE [CERN]. — Premier rapport annuel (imp.)........... 344
ORLOFF (CONSTANTIN). — Sur la méthode de Graeffe............. 1269
OTERO (JOSÉ). — Assiste à une séance. 929
OTSUKA (MASANORI). — Voir *Arvanitaki (Mme Angélique)* et *divers*.. 307
— Voir *Chalazonitis (Nicolas)* et *Masaroni Otsuka*................... 978
— Voir *Corabœuf (Édouard)* et *Masa-*

MM. Pages.
nori Otsuka 441
OUGHTERSON (ASHLEY W.) et SHIELDS WARREN. — Medical effects of the atomic bomb in Japan, *in* National nuclear energy series. Manhattan Project Technical Section. Division VIII. Vol. 8 (imp.)........................ 1091

P

PACAULT (ADOLPHE). — Un prix Cahours lui est décerné......... 1961
— Adresse des remercîments......... 1984
PACHÉCO (HENRI). — Voir *Chopin (Jean)* et *divers*............... 712
PACIFIC SCIENCE CONGRESS. — Le Président annonce le IX[e] Congrès à Bangkok (Thaïland), entre le 18 novembre et le 9 décembre 1957, et invite l'Académie à s'y faire représenter.................. 1182
PADOVANI (PAUL). — Voir *Brunn (Walter von)*.................. 1983
PAILLOUX (HENRI). — Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.................. 216
PALAIS DE LA DÉCOUVERTE. — Conférences, Série D, n° 43 (imp.). 546
— Id. Série A, n° 222 (imp.)......... 635
PALAU (M[me] FRANCIS), née MARGUERITE CADOUX. — Voir *Alimen* (M[lle] *Henriette*) et M[me] *Marguerite Palau*...................... 1540
PANNETIER (GUY) et HENRI GUENEBAUT. — Étude spectrale de la chimiluminescence produite au cours de la décomposition de l'hydrazine anhydre. Considérations nouvelles sur l'origine de la bande α de l'ammoniac......... 1205
PANTAZI (ALEXANDRU). — Voir *Académie de la République populaire Roumaine*.................... 1985
PAOLETTI (CLAUDE). — Voir *Truhaut (René)* et *Claude Paoletti*........ 524
PAPY (RENÉ). — Le prix Delalande-Guérineau lui est décerné........ 1960
— Adresse des remercîments......... 1985
PARAF (ALAIN). — Voir *Verge (Jean)* et *divers*...................... 1934
PÂRIS (RENÉ). — Voir *Pauling (Linus)*. 471
PARISELLE (HENRI). — Cours de Chimie. II. Métaux (imp.)....... 1704
PARKER (JOHN). — Voir *Mac Kie (Douglas)*..................... 1091
PARODI (MAURICE). — Équations de Mathieu et équations intégrales de Volterra.................... 1006
— Sur la localisation des zéros des polynomes.................... 1093
— Sur une propriété de certaines équations différentielles d'Euler. Application à la formation de combinaisons linéaires de n fonctions $f_i(t)$ qui admettent pour transformée de Laplace une combinaison linéaire de n fonctions $f_i(s)$. 1991
PARRIAUD (HENRI). — Voir *Dangeard (Pierre)* et *Henri Parriaud*...... 1981
PARROD (JACQUES) et JEAN ELLÈS. — Sur quelques polyacrylamides. 1040
PARROT (JEAN-LOUIS). — Le prix Martin-Damourette lui est décerné. 1964
PASCAL (PAUL). — Délégué au Bicentenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956...................... 935
— Membre de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux*.............. 1262
— Rapport du prix de la fondation Cahours....................... 1961
PASETCHNIK (MITROFAN). — Assiste à une séance.................. 217
PASTOUR (PAUL) et ERNEST MARÉCHAL. — Hydrogénation sélective de l'acétylacétanilide et de ses dérivés méthylés par l'hydroborure de potassium........... 166
PATRAULEA (N. N.). — Aerodinamica suprofetelor permeabile (imp.).... 1182
PATRIE (M[me] GEORGES), née MADELEINE JURAMY. — Voir *Picon (Marius)* et M[me] *Madeleine Patrie*. 1769
PAULING (LINUS). — Adresse la deuxième édition de son Ouvrage : « Chimie générale. Introduction à la Chimie descriptive et à la Chimie théorique moderne », traduit par *René Pâris*............ 471
PAUTHENET (RENÉ). — Propriétés

MM. Pages.

magnétiques des ferrites de terres rares $5Fe_2O_3.3M_2O_3$, avec M = Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Résultats expérimentaux............ 1499
— Interprétation des propriétés magnétiques des ferrites $5Fe_2O_3.3M_2O_3$, avec M = Y, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu............... 1737
PAUTHENIER (MARCEL), ROBERT COCHET et JEAN DUPUY. — Problème général de la charge acquise par une particule sphérique dans un champ électrique bi-ionisé.... 1606
PÉLISSIER (JEAN-PAUL). — Sur la déshydratation des alcools α-acétyléniques..................... 851
PELISSONNIER (HUBERT). — Voir *Vincienne (Henri)* et *Hubert Pelissonnier*....................... 915
PELLETIER (Mlle SIMONNE), M. JEAN CURCHOD et Mlle MARGUERITE QUINTIN. — Constantes de formation des complexes de certains acides aminés avec le nickel...... 1868
PELTIER (DANIEL) et MICHEL KERDAVID. — Ionisation des acides méthyl-3 benzoïques parasubstitués......................... 2086
PELTIER (JEAN). — Voir *Institut de Calcul Blaise-Pascal*........... 1706
PENOT (Mlle DENISE), MM. HENRI POULET et JEAN-PAUL MATHIEU. — Spectre Raman et structure de la phase IV du nitrate d'ammonium.................. 1303
PERADEJORDI (FEDERICO). — Sur l'approximation de Pariser et Parr.......................... 276
PÉRARD (ALBERT). — Délégué au Bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956..................... 935
— Voir *Congrès international de Chronométrie*...................... 735
— Voir *Enseignement scientifique (Commission de l')*................. 1811
PERCHERON (FRANÇOIS). — Voir *Goutarel (Robert)* et *divers*....... 1670
PÉRÈS (JOSEPH). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
PEREY (Mlle MARGUERITE). — Dosage de l'actinium par mesure directe du produit en solution......... 1411
PEREY (Mlle MARGUERITE) et M. ANDRÉ HETTLER. — Dosage de l'actinium dans les minerais..... 1520
PÉREZ (JEAN-JACQUES). — Propriétés immunologiques de l'albumine de Cheval traitée par le formol et la chaleur : anaphylaxie chez le Cobaye........................ 1252
PEREZ-MILAN (HERNAN). — Voir *Fromageot (Pierre)* et *Hernan Perez-Milan*.................. 1061
PÉRI (GEORGES). — Voir *Perrot (Marcel)* et *divers*.................. 367
PERIO (P.). — Voir *Cauchois (Mlle Yvette)* et *divers*................ 12
PERNET (ROBERT), GEORGES MEYER, JEAN-MICHEL BOSSER et GABRIEL RATSIANDAVANA. — Les *Catharanthus* de Madagascar..... 1352
PERNOUX (ÉMILE). — Interprétation des images dites en « lames de parquet » obtenues au microscope électronique avec des cristaux tabulaires d'oxyde molybdique... 2030
PERRIN (RENÉ). — Explication possible des anomalies de la pesanteur sans recours à l'isostasie.... 997
— Présente : « Actes du Colloque international. Le fer à travers les âges. Hommes et Techniques » (Nancy, 3-6 octobre 1955)....... 1704
PERRONNET (JACQUES). — Influence des méthoxyles sur les transformations chimiques du photooxyde rubrénique..................... 65
PERROT (MARCEL), JEAN-PIERRE DAVID, GEORGES PÉRI, JEAN ROBERT et JEAN TORTOSA. — Sur l'amplitude complexe de la lumière réfléchie par une lame mince.... 367
PESCETTI (DECIO) et JEAN-CLAUDE BARBIER. — Sur le traînage magnétique de fluctuation au voisinage du point de Curie...... 1740
PESENTI (PIERRE). — Voir *Le Rolland (Paul)* et *divers*................ 1721
PESNEAU (MICHEL). — Voir *Baron (Guy)* et *Michel Pesneau*........ 1217
PESTEIL (PAUL) et ADNAN ZMERLI. — Transfert d'énergie dans les cristaux organiques............. 1506
— Trappes en luminescence organique. 1757
PETERMANN (HORST GEORG), ROBERT LANG et CZESLAW MACKOWIAK. — Propagation du virus de la fièvre aphteuse en culture de tissu....................... 991
PETIT (Mme CLAUDINE). — L'influence

MM. Pages.

de la température sur l'isolement sexuel........................ 1678

PETIT (GEORGES). — Théorie statistique des effets osmotiques...... 485

PETIT (GEORGES) et Mlle ANNETTE CRÉMIEU. — Chaleurs de fusion des fluorures alcalins et alcalino-terreux........................ 360

PETIT (JEAN). — Voir *Champetier (Georges)* et *divers*.............. 269

— Voir *Lumbroso (Roger)* et *Jean Petit*. 145

PETIT (LOUIS). — Voir *Moureu (Henri)* et *divers*...................... 910

PETITPAS (Mlle THÉRÈSE) et M. JACQUES MERING. — Structure moléculaire de la cellulose II..... 47

PETTERSON (KURT). — Stereo chemical studies in the α-aryl carboxylic acid series with special reference to phenyl- and 2-thienyl-substituted compounds (Thèse, Uppsala) (imp.)................ 1588

PETTINEO (BENEDETTO). — Sur la dérivabilité des fonctions....... 553

PEYNAUD (ÉMILE) et Mlle SUZANNE LAFOURCADE. — Sur la teneur en biotine des raisins et des vins. 1800

PFIRSCH (ROBERT). — Influences diverses exercées sur la sensibilité du pouvoir de cyclose des cellules foliaires d'*Elodea*.............. 786

PHAM TAN HOANG. — Sur l'emploi des coordonnées isothermes pour déterminer les équations du mouvement en Relativité générale... 1292

— Conditions de conservation pour le tenseur d'impulsion-énergie en théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger........................ 1600

PHAN-CHON-TON. — Observations sur la production d'éthylène par les fleurs et les fruits............. 171

PHILBERT (GEORGES). — Densité de grains de traces de protons dans les émulsions nucléaires diluées.. 36

— Modes de réaction des protons de 0,95 GeV avec les noyaux légers et lourds de l'émulsion photographique................... 141

PHILIBERT (JEAN). — Voir *Adda (Yves)* et *divers*................ 1115

PHILIP (ROGER). — Variation, avec la longueur d'onde, du changement de phase d'une onde lumineuse, lors de la réflexion dans l'air, sur une lame mince d'argent préparée par évaporation thermique...... 365

PIATIER (HENRI). — Voir *Laue (Max von)*.................... 1983

PIAUX (LÉON) et MARC DURAND. — Hydrogénation duplicative de quelques aldéhydes α-acétyléniques........................ 1774

PICARD (ÉMILE). — Le *Bureau*, la *Section de Géométrie*, MM. *Maurice de Broglie, Henri Villat, Joseph Pérès, Georges Poivilliers* et *Maurice Roy* sont délégués au Centenaire de sa naissance, le 27 novembre 1956 à la Cité Universitaire, et le 28 novembre à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467

PICARD (Mme PIERRE), née CLAUDE MÉRET. — Remarques sur le métabolisme azoté chez *Œnothera biennis* L. avec ou sans vernalisation........................ 1665

PICHENOT (Mlle MATHILDE). — Essai de greffage de *Solanum sisymbrifolium* Lamk. sur *Datura Stramonium* L..................... 2137

PICK (ROBERT). — Voir *Lehmann (Pierre)* et *divers*.............. 743

PICON (MARIUS) et Mme MADELEINE PATRIE. — Sur les sulfures et polysulfures des terres rares cériques........................ 1769

PICON (MARIUS) et JEAN FLAHAUT. — Sur les sulfures de terres rares cériques S_4Me_3................. 2074

PIETTE (ÉDOUARD). — Une Cérémonie aura lieu à Rumigny, Ardennes, le 14 octobre 1956, à l'occasion du Cinquantième anniversaire de sa mort....................... 881

— M. *Jean Piveteau* y est délégué..... 935

PILET (PAUL-ÉMILE). — Activités des auxines-oxydases dans les fragments de Carotte cultivés *in vitro*. 1141

PIMIENTA (JEAN). — Cycles sédimentaires sur un littoral en déformation tectonique............. 168

PINTA (MAURICE) et Mlle COLETTE BOVE. — Sur la réduction des erreurs dans l'analyse végétale par spectrophotométrie de flamme. 79

PISOT (CHARLES). — Le Grand prix des Sciences mathématiques et physiques lui est décerné........ 1965

— Voir *Milloux (Henri)*............. 471

PIVETEAU (JEAN). — Délégué au Cinquantième anniversaire de la mort d'*Édouard Piette*, à Rumigny, Ardennes, le 14 octobre 1956. 935

PLAN (MAX). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles. 216

PLANTEFOL (LUCIEN). — Sur les

MM. Pages.

variations phyllotaxiques du *Stapelia hirsuta*.................. 916

PLÉNARD (Mme JACQUES), née ÉLISABETH ANTHONIOZ. — Voir *Le Rolland (Paul)* et *divers*. 1488, 1721

PLOUVIER (VICTOR). — Sur un cyclitol nouveau, le *l*-pinitol, isolé d'*Artemisia Dracunculus* L. (Composées).......................... 1913

POBEGUIN (Mlle THÉRÈSE). — Voir *Lagrange* (Mlle *Raymonde*) et Mlle *Thérèse Pobeguin*.............. 449

POINCELOT (PAUL). — Les filtres de fréquences (imp.)............. 1468

— Sur la notion d'écrans infiniment minces et infiniment conducteurs. 1616

— Sur le théorème de Babinet, au sens de la théorie électromagnétique.. 1743

POIRIER (YVES). — Voir *Crausse* (*Étienne*) et *Yves Poirier*........ 475

POISSON-QUINTON (PHILIPPE). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles.......... 216

POIVILLIERS (GEORGES). — Délégué au VIIIe Congrès international de Photogrammétrie à Stockholm... 12

— Id. au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467

— Voir *Enseignement scientifique* (*Commission de l'*)................. 1811

POLICARD (ALBERT), ANDRÉ COLLET et Mlle SIMONE PRÉGERMAIN. — Sur quelques dispositions inframicroscopiques de l'endothélium des capillaires pulmonaires chez les Mammifères................ 8

POLITIS (JEAN). — Recherches cytologiques sur la formation du pigment mélanique chez certains poissons....................... 1559

POLSKA AKADEMIA NAUK. — The Review of the Polish Academy of Sciences. Vol. I, no 1 (imp.)... 472

— Odrodzenie w Polsce. Tome II. Historia nauki. Cz 1, 2 (imp.).... 1468

— Marceli Nencki. Materialy biograficzne i bibliograficzne, opracowaly *Aniela Szwjcerowa i Jadwiga Groszynska* (imp.).......... 1818

PÓLYA (GEORGES). — Sur quelques membranes vibrantes de forme particulière..................... 469

POMEY (JACQUES), JEAN GEORGES et LOUIS ABEL. — Phénomène des zébrures dans le chauffage superficiel par induction électromagnétique haute fréquence..... 1745

PONASENKOV (ALEX.). — Assiste à une séance..................... 217

PONS (ARMAND). — Sur un pollen du Lias inférieur.................. 1547

PONS (ARMAND) et PIERRE QUEZEL. — Premiers résultats de l'analyse palynologique de quelques paléosols sahariens.................. 1656

PONTE (MAURICE). — Le prix Hughes lui est décerné................. 1961

— Adresse des remercîments......... 1985

PORTEVIN (ALBERT). — Délégué au Bi-centenaire de la naissance de *Jean Chaptal*, au Conservatoire des Arts et Métiers, le 17 novembre 1956...................... 935

— Rapport du prix Henry Le Chatelier. 1964

PORTEVIN (ALBERT) et ROBERT CABARAT. — Analyse thermoélastique des transformations du titane.......................... 1085

PORTIER (JEAN). — Voir *Berthois* (*Léopold*) et *Jean Portier*....... 1778

PORTIER (PAUL). — Représentera l'Académie dans le Comité national des Sciences physiologiques .. 329

POTIER (ROBERT). — Sur la théorie des champs quantifiés en Relativité généralisée.............. 939

POULET (HENRI). — Voir *Penot* (Mlle *Denise*) et *divers*........... 1303

POULIOT (ADRIEN). — Assiste à une séance........................ 793

PRADES (JEAN). — Voir *Lagasse* (*Jean*) et *divers*................ 1406

PREGERMAIN (Mlle SIMONE). — Voir *Policard* (*Albert*) et *divers*....... 8

PRELOT (Mlle MONIQUE). — Voir *Marnay* (Mlle *Christiane*) et *divers*. 681

PRENANT (MARCEL) et Mlle GENEVIÈVE BOBIN. — Faune de France. 60. Bryozoaires. Première partie : Entoproctes, Phylactolèmes, Cténostomes (imp.)....... 1984

PRÉTOT (Mlle MONIQUE). — Voir *Décombe* (*Jean*) et Mlle *Monique Prétot*......................... 1332

PRETTRE (MARCEL). — Voir *Bussière* (*Paul*) et *divers*................ 1870

PRÉVOST (CHARLES). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216

PRÉVOST (CHARLES) et JEAN LANDAIS. — Étude cinétique de l'action de l'acétate de sodium sur le chlorure de diméthyl-heptyle en milieu acétique glacial....... 1893

MM. Pages.

PRÉVOST (Georges) et Mme Madeleine GANS. — Action du *l*-sorbose sur la croissance de *Coprinus fimetarius* (Fr.)................ 404
PRIESTLEY (Joseph). — Voir *Mac Kie (Douglas)*...................... 1091
PRIX INTERNATIONAL SAINT-VINCENT. — Voir *Académie de Médecine de Turin*............. 545
PROCA (Alexandre). — Le prix Bordin des Sciences mathématiques et physiques lui est décerné à titre posthume............... 1965
— Sa Veuve adresse des remercîments. 1984
PROISY (Paul). — Analyse des bandes de NH_2 observées dans la partie visible du spectre de l'ammoniac, à partir de l'étude des spectres de comètes............. 1305
PROTTER (Murray). — Assiste à une séance.................... 877
PRUVOST (Pierre). — Fait hommage de six fascicules du « Lexique stratigraphique international »; les nos 4, 9, 11, 12*a*, 13*a* du volume I, publiés sous sa direction; le no 2 du volume VI, sous celle de M. *Jacques Avias*.............. 1383
— Présente un Ouvrage de M. *Jacques Butterlin*...................... 1262
PSYCHOYOS (Alexandre). — Voir *Courrier (Robert)* et *divers*....... 217
PULLMAN (Bernard). — Voir *Pullmann (Mme Alberte)* et *divers*. 380, 1322, 1632
PULLMAN (Mme Bernard), née Alberte BUCHER, MM. Bernard PULLMAN et Gaston BERTHIER. — Recherches sur la structure électronique des composés actifs en chimiothérapie du cancer........................ 380
PULLMAN (Mme Bernard), née Alberte BUCHER et M. Bernard PULLMAN. — Sur l'addition d'un proton aux dérivés substitués de l'amino-4 azobenzène........ 1322
— Les énergies de polarisation et les potentiels de réduction polarographique des hydrocarbures aromatiques polynucléaires......... 1632

Q

QUEZEL (Pierre). — Voir *Pons (Armand)* et *Pierre Quezel*....... 1656
QUINQUAUD (Alfred). — Le prix Montyon de médecine et chirurgie lui est décerné................. 1963
— Adresse des remercîments......... 1985
QUINTIN (Mlle Marguerite). — Voir *Pelletier (Mlle Simonne)* et *divers*.. 1868
QUINTIN (Mlle Simonne). — Au sujet de l'interaction de deux organismes, dont l'un est soumis à des doses inhibitrices d'auxine... 2122

R

RACADOT (Jean) et Marc HERLANT. — Le lobe antérieur de l'hypophyse chez la Chatte durant la gestation et l'allaitement..... 1447
RADULOVIC (Jevto). — Voir *Giaja (Jean)* et *Jevto Radulovic*....... 1465
RAMAN (Varadaraja Venkata). — Voir *Karpman (Gilbert)* et *Varadaraja Venkata Raman*.......... 1284
RAOUL (Yves). — Voir *Marnay (Mlle Christiane)* et *divers*....... 681
RAPPENEAU (Mme Jean), née Thérèse DELOURMEL. — Influence d'un champ magnétique sur la résistance électrique des lames minces de nickel............... 1403
RASOOL (Ishtiaq) et Mme Arlette VASSY. — Remarques sur les méthodes chimiques de dosage de l'ozone atmosphérique.......... 298
RATOUIS (Roger) et Robert BEHAR. — Cyclisation de l'acide benza-

MM. Pages.

mido-2 chloro-3 propionhydroxamique.......... 966

RATSIANDAVANA (Gabriel). — Voir *Pernet* (*Robert*) et *divers*......... 1352

RAULAIS (Maurice). — Sur la tectonique de l'Aïr (Niger, A. O. F.).. 291

RAULIN (Mme Henri), née Jeanine LÉVY. — Voir *Clément* (*Guy*) et *divers*.......... 421

RAWER (Karl). — L'intensité du rayon dit de Petersen.......... 797

— Voir *Harnischmacher* (*Ewald*) et *Karl Rawer*.......... 747, 782

RAYMOND-HAMET. — Dissociation par l'atisine de deux réactions réflexes à l'hypertension adrénalinique : la bradycardie et la bradypnée.......... 324

— Sur quelques propriétés physiologiques d'un remarquable excitant sud-américain : le *Piptadenia peregrina* Bentham.......... 512

— Sur quelques propriétés physiologiques communes à l'*Aconitum Anthora* L. et à l'*Aconitum heterophyllum* Wallich *ex* Hoocker F. et Th.......... 1792

— De certaines propriétés physiologiques d'une Apocynacée australienne non encore étudiée pharmacologiquement : le *Melodinus australis* (F. Mueller) Pierre.......... 2175

RAYNAL (René). — Voir *Choubert* (*Georges*) et *divers*.......... 504

RAYNAUD (Albert). — Réaction précoce, à l'hormone œstrogène, des canaux de Müller du fœtus de Souris.......... 2144

RAYNAUD (Albert) et Mme Albert RAYNAUD. — Les stades fœtaux successifs de l'inhibition du développement des ébauches mammaires de la Souris, sous l'effet d'une hormone œstrogène.......... 424

RAYNAUD (Mme Albert), née Jeanne CHAULIN-SERVINIÈRE. — Voir *Raynaud* (*Albert*) et Mme *Albert Raynaud*.......... 424

RAZET (Pierre). — Sur l'élimination simultanée d'acide urique et d'acide allantoïque chez les Insectes. 185

RECENSEAMENTO GERAL DO BRASIL (1950). — Estado do Ceara. — Estado da Paraiba. — Estado Alagoas. — Estado do Espirito santo, Censo demografico. — Estado de Sao Paulo, Censos industrial, comercial e dos serviços (imp.).......... 882

REDEL (Joseph), Jean COTTET, Mme Jacqueline SALESSE et Mlle Marie-Élisabeth TRICAUD. — Activité hypocholestérolémiante et cholérétique sur le Rat des antipodes de l'acide phényléthylacétique (phényl-2 butyrique).......... 928

REICHEL (I.). — Chimia si tehnologia colorantilor azoici (imp.).......... 1182

REINISCH (Mme Erwin), née Lydia OCHS. — Influence d'un champ électrique sur la température de transition des transformations du premier et deuxième ordre.......... 30

— Essai d'interprétation du spectre hertzien du cyclohexanol.......... 1032

REISS (René). — Sur les spectres de luminescence à la température de l'azote liquide de diverses lames de Cu I et leur comparaison avec les spectres d'absorption attribués à la formation d'exciton des mêmes lames.......... 902

REMMERT (Reinhold). — Sur les espaces analytiques holomorphiquement séparables et holomorphiquement convexes.......... 118

RÉMY (Mlle Monique). — Influence de l'intensité lumineuse sur les corrélations entre épicotyle et bourgeons cotylédonaires chez le Pois.......... 400

RÉMY (Mlle Monique) et Mlle Suzanne ALLARY. — Rôle des feuilles adultes chez le Pois.......... 1663

RENAUD (Paul), Maurice JOLY et Dikran G. DERVICHIAN. — Sur certaines hypothèses simplificatrices qui engendrent la notion de conservation de l'énergie dans les domaines où elles sont applicables.......... 24

RENAUD-DEBYSER (Mme Jeanne) [Mme Jacques DEBYSER]. — Répartition de deux tardigrades *Batillipes mirus* Richters et *Stygarctus bradipus* Schultz dans un segment de plage du bassin d'Arcachon.......... 1365

RERAT (Alain), Jean-Claude BOUFFAULT et Raymond JACQUOT. — Double limitation de l'efficacité protidique par carence ou par excès du même acide aminé indispensable démontrée par l'aptitude de la *dl*-lysine à suppléer le gluten de maïs ou de blé.......... 192

RÉUNION DES MATHÉMATICIENS

MM. Pages.
D'EXPRESSION LATINE. — M. *Paul Montel* est délégué à cette Réunion, à Nice, du 12 au 18 septembre 1956 117
REUTERSWARD (CARL). — On the isotopic Constitution of potassium (Thèse, Uppsala) (imp.) 13
REYSS-BRION (Mme DANIEL), née MARYSE DUCREAU. — Voir *Ancel* (*Paul*) et Mme *Maryse Reyss-Brion* 932, 1380
RIBAUD (GUSTAVE). — Fait hommage d'un Mémoire de *Pierre Vernotte*, intitulé : « Calcul numérique, Calcul physique, Application à la Thermocinétique », dont il a écrit la Préface 1984
— Membre de la Commission de présentation à la place de Membre non résidant, vacante par la mort de M. *Henri Devaux* 1262
RIBAUD (GUSTAVE) et PIERRE VALENTIN. — Étude de la convection forcée de la chaleur, avec libération d'énergie calorifique par réaction chimique dans la couche limite 463
RIBÉREAU-GAYON (JEAN) et JEAN GARDRAT. — Titrage potentiométrique des anthocyannes du Raisin 788
RIBET (RENÉ-MARCEL DE). — Le prix Henri de Parville d'Ouvrages de Sciences lui est décerné 1964
— Adresse des remercîments 1985
RICHARD (Mlle LAURE), M. CHARLES DEVILLERS et Mlle JULIETTE COLAS. — Comportement en culture *in vitro* du blastoderme de Truite complet ou fragmenté .. 1918
RICHOU (RÉMY). — Acide pantothénique et immunité antistaphylococcique 111
— Voir *Kourilsky* (*Raoul*) et *divers* 1805
RICHOU (RÉMY), RAOUL KOURILSKY et CLAUDE CHIROL. — Sur les propriétés des staphylocoques conservés au contact de substances tissulaires 1174
— Sur la production de l'hémolysine α et de la gélatinolysine par des staphylocoques conservés en présence de pénicilline et de streptomycine 1369
RIDÉ (MICHEL). — Sur une maladie nouvelle de l'Artichaut (*Cynara scolymus* L.) 174
RIDEAU (GUY). — Voir *Kahan* (*Théo*) et *divers* 1468
RIEHL (JEAN-JACQUES). — Voir *Kirrmann* (*Albert*) et *Jean-Jacques Riehl* 808
RIESZ (FRÉDÉRIC). — Frédéric Riesz, 1880-1956, *in* Acta mathematica Academiæ scientiarum hungaricæ (imp.) 1005
RINCK (ÉMILE). — Voir *Brouardel* (*Jean*) et *Émile Rinck* 1797
— Voir *Feschotte* (*Pierre*) et *Émile Rinck* 1525
RIOBÉ (OLIVIER) et JEAN JOLIVET. — Étude des adducts de Diels et Alder. Réduction des esters 164
RIOBÉ (OLIVIER) et LUCIEN GOUIN. — Action du dimagnésien de l'acétylène sur les dérivés halogénés du tétrahydropyranne et du tétrahydrofuranne 1424
RIPPLINGER (JEAN). — Voir *Jullien* (*Antoine*) et *divers* 456
RIVIÈRE (ANDRÉ). — Influence des actions éoliennes sur la morphologie des rivages languedociens ... 1538
RIVIÈRE (ANDRÉ) et Mlle SOLANGE VERNHET. — Observations sédimentologiques sur l'étang de Leucate 1134
— Influence d'une embouchure protégée par l'évolution sédimentologique d'une côte sableuse 1342
ROBERT (JEAN). — Étude analogique des dynamos amplificatrices 135
— Voir *Perrot* (*Marcel*) et *divers* 367
ROBIN (JEAN), MARCEL DESMARET et FRANÇOIS UBELMANN. — Étude des bandes 7 620 et 6 880 Å du spectre de l'oxygène pur comprimé jusqu'à 5 000 kg/cm^2 .. 1750
ROBINS (WILLIAM). — Assiste à une séance 793
ROBINSON (G.). — Voir *Whittaker* (Sir *Edmund*) 221
ROBLEY (ROBERT). — Sur l'émission des raies rouges de O I dans la haute atmosphère 2120
ROCH (ÉDOUARD). — Voir *Bertrand-Beauvais* (Mme *Louise*) et M. *Édouard Roch* 392
ROCHE (ALEXANDRE). — Sur la date de la dernière inversion du champ magnétique terrestre 812
ROCHE (JEAN). — Voir *Courrier* (*Robert*) et *divers* 5
ROCHE (JEAN), RAYMOND MICHEL et WALTER WOLF. — Réactions d'ioduration et de désioduration dans la série de la thyronine et

MM. Pages.

des iodothyronines............. 1067
RODOT (MICHEL). — Théorie de l'effet magnétothermoélectrique transversal dans les semi-conducteurs. 129
ROESCH (ALBERT). — Voir *Hénin* (*Stéphane*) et *divers*............ 1899
ROHLFS (Mme LILY). — Sur la présence exceptionnelle de rhizoïdes bifurqués sur des prothalles de *Blechnum gibbum* Mett., au premier stade de leur développement. 1787
ROI (JACQUES). — Traité des plantes médicinales chinoises (imp.)..... 764
ROLLET (ANTOINE-PIERRE) et GUY VUILLARD. — Sur un nouvel hydrate de l'ammoniac.......... 383
ROLLIN (PAUL). — Action de la lumière et de la température sur la germination des akènes du *Bidens tripartitus* L............. 300
ROMAGNESI (HENRI). — Les Rhodophylles du Congo belge d'après les récoltes de Mme Goossens-Fontana, (imp.)................... 699
ROMAND (ROBERT). — Voir *Deschiens* (*Robert*) et *divers*.............. 2178
RONCIN (JACQUES). — Voir *Bruma* (*Marc*) et *Jacques Roncin*....... 249
ROOSEBOOM (MARIA). — Microscopium (imp.)................... 882
ROPERT (Mlle MARIE-EDITH). — Voir *Branche* (*Georges*) et Mlle *Marie-Edith Ropert*.................. 387
ROQUE (Mlle MADELEINE). — La stomatogénèse pendant l'autogamie, la conjugaison et la division chez *Paramecium aurelia*............ 1564
RÖSCH (JEAN). — Photographie à cadence rapide de la photosphère et des taches solaires........... 478
— Sur la gémination des images télescopiques........................ 2020
ROSE (ALAN). — Formalisation du calcul propositionnel implicatif à $\aleph_0$ valeurs de Łukasiewicz..... 1183
— Id. à *m* valeurs de Łukasiewicz..... 1263
ROSENBERG (ALBERT JEAN). — Voir *Andrejew* (*Anatole*) et *Albert Jean Rosenberg*..................... 2191
ROSENBLATT (ALFRED). — Voir *Garcia* (*Godofredo*)............. 699
ROSNER (I.). — Reflexe conditionate și neconditionate dupa lezarea receptorilor cutanati și viscerali (imp.)......................... 1091
ROSTAND (JEAN). — Polymorphisme de l'anomalie E chez *Rana temporaria* L....................... 973
ROT (ANDRÉ). — Un problème d'états stationnaires en Théorie de la double solution................ 483
— Sur les états stationnaires d'un corpuscule dans une enceinte et la Théorie de la double solution.. 1281
ROTH (ÉTIENNE). — Voir *Goldman* (*Maurice*) et *divers*............. 1414
ROUBAUD (ÉMILE). — Rapport du prix Petit d'Ormoy des sciences chimiques et naturelles......... 1965
ROUGE (PIERRE-EUGÈNE). — Voir *Debyser* (*Jacques*) et *Pierre-Eugène Rouge*......................... 2111
ROUMIEU (CHARLES). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216
ROUSSEAU (JACQUES). — Assiste à une séance.................... 793
ROUSSET (ANDRÉ). — Sur l'anatomie céphalique des larves de *Coniopterygidæ* (Névroptères Planipennes). Les stylets et leur musculature.. 869
ROSSOPOULOS (PAUL). — Voir *Kahan* (*Théo*) et *divers*................ 1468
ROY (MAURICE). — Fait hommage de son Mémoire : « Aérothermodynamique fondamentale et notions d'aérothermochimie »........... 117
— Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles............... 216
— Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures. 1467
— Rapport du prix Montyon de mécanique......................... 1960
— Id. du prix Plumey.............. 1961
— Id. du prix Lamb................ 1966
— Voir *Enseignement scientifique* (*Commission de l'*).................. 1811
ROYAL SOCIETY OF LONDON. — Notes and Records, vol. 12, no 1. 764
RUAMPS (JEAN). — Sur le calcul des intensités dans les spectres de bandes des molécules diatomiques (cas de l'oscillateur harmonique). 2034
RUDIN (WALTER). — Transformations des coefficients de Fourier....... 638
RUDSTAM (GÖSTA). — Spallation of medium weight elements (Thèse, Uppsala) (imp.)................ 1986
RUMPF (PAUL). — Voir *Gillois* (Mme *Jeannine*) et M. *Paul Rumpf*.... 853
— Voir *Girault* (Mme *Gisèle*) et M. *Paul Rumpf*........................ 663
RÜTIMEYER (BERNARD). — Voir

MM. Pages.
Dufraisse (Charles) et *divers* 878
RYTEL (ALEXANDER). — Nicolaus Copernicus. Physician and Humanitarian, a new approach (imp.) .. 796

S

SAEGER (HENRI DE). — Le Parc national Albert. La Plaine. Extrait des Parcs Nationaux (imp.) 546
SAKS (STANISLAW) et ANTONI ZYGMUND. — Analytic functions, translated by *E. J. Scott, in* Monografie matematyczne, t. XXVIII (imp.) 882
SALCEANU (CONSTANTIN) et STELIAN BOJIN. — Sur la conductibilité thermique des gaz et des vapeurs. 237
SALEM (RAPHAËL). — Voir *Kahane (Jean-Pierre)* et *Raphaël Salem*. 1185, 1706, 1986
SALESSE (Mlle JACQUELINE). — Voir *Redel (Joseph)* et *divers* 928
SALET (GEORGES). — Le prix du Général Muteau des sciences mathématiques et physiques lui est décerné 1966
SALGUES (RENÉ). — Essence de *Salvia juriščii*. Présence de Salvène : ses nouvelles caractéristiques 177
SALMON (Mlle JANINE). — Voir *Manigault (Pierre)* et Mlle *Janine Salmon* 173
SALMON-LEGAGNEUR (FRANÇOIS). — Sur la solubilité des sels alcalins de l'acide α-nitrile $\alpha.\alpha$-diphényl α'-éthylsuccinique 1325
SALMON-LEGAGNEUR (FRANÇOIS) et Mme CÉCILE NEVEU. — Les acides $\alpha.\alpha$-diphényl α'-alcoylpiméliques et les $\alpha.\alpha$-diphényl α'-alcoylcyclohexanones 162
— Les acides $\alpha.\alpha$-diphénylundécanepioïque et $\alpha.\alpha$-diphényldodécanedioïque 2088
SAMAILLE (JEAN). — Voir *Burstein (Meier)* et *Jean Samaille* 2185
SAMAIN (JACQUES). — Le prix du Calcul mécanique lui est décerné .. 1964
— Adresse des remercîments 1985
SAMUEL (ISAAC). — Applications de la méthode des polygones 273
SANDOR (GEORGES). — Voir *Fromentin* (Mme *Huguette*) et *divers* 1077
SANDOR (Mme GEORGES), née MARGUERITE HAUPTMAN. — Voir *Fromentin* (Mme *Huguette*) et *divers* 1077
SANIELEVICI (ALEX. S.). — Radioactivitatea. Fenomene di legi generale. Vol. I (imp.) 1182
SAPORTE (ROBERT). — Voir *Fert (Charles)* et *Robert Saporte* 1107
SAQUI-SANNES (GILBERT). — Voir *Caujolle (Fernand)* et *divers* 987
SARAGEA (M.). — Voir *Floru (R.)* et *divers* 1091
SARAGEA (M.) et I. FONI. — Cercetari de fiziologie şi fiziopatologie hepato-biliara (imp.) 1092
SATO (MASAKO). — Voir *Taguti (Ryuzaburo)* et *Masako Sato* 654
SAUER (CARL O.). — Voir *Thomas Jr. (William L.)* et *divers* 764
SAULNIER (ADRIEN). — Mise en évidence en micrographie électronique d'une structure cellulaire, au cours de l'écrouissage et de la restauration du titane commercial 1319
SAVORNIN (JEAN) et GEORGES LEJEUNE. — Essais de perfectionnement des appareils à distillation solaire 32
SCHAEPPI (WILFRIED). — Voir *Julia (Sylvestre)* et *divers* 1121
SCHELER (LUCIEN). — Lavoisier et la Révolution française. I. Le Lycée des Arts (imp.) 1704
SCHMID (PAUL). — Sur les théorèmes asymptotiques de Kolmogoroff et Smirnov pour des fonctions de distribution discontinue 349
SCHNEEBELI (GEORGES). — Une analogie mécanique pour les terres sans cohésion 125
SCHNEIDER (ALAIN). — Sur les asques des *Taphrina* (Hémiascomycètes). 2139
SCHOELLER (Mlle JEANNE). — Influence du mode d'innervation sur la différenciation du disque imaginal antennaire chez *Calliphora erythrocephala* Meig. (Diptère Cyclorrhaphe) 427
SCHŒMAKER (P.). — Voir *Institut*

MM. Pages.

des Parcs nationaux du Congo belge........................ 546

SCHÜTZENBERGER (MARCEL-PAUL). — Sur deux représentations des demi-groupes finis............ 1385

SCIENCE COUNCIL OF JAPAN. — Adresse le texte du vœu relatif à l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, adopté en sa XXI[e] Assemblée générale, le 28 avril 1956................. 343

SCOTT (E. J.). — Voir *Banach (Stefan)*. 882

— Voir *Saks (Stanislaw)* et *Antoni Zygmund*..................... 882

SEIDEN (JOSEPH). — Réversibilité et irréversibilité en résonance nucléaire................. 1201, 1308

SEIGNEURIN (LAURENT) et HUBERT FORESTIER. — Influence du point de Curie sur l'oxydation de la magnétite Fe_3O_4, du fer, du nickel et de certains alliages de fer. 2052

SEITE (RAYMOND). — Particularités histologiques en relation avec la formation de cristaux mercuriels, au cours de certaines fixations, dans le tissu nerveux........... 790

SÉLIGMANN (MAXIME). — Mise en évidence d'antigènes leucocytaires dans le sérum humain normal et dans certains sérums de leucémiques....................... 531

SELIM (MOHAMED). — Voir *Gault (Henry)* et *divers*.............. 1125

SELIM (M[me] MOHAMED), née MARGUERITE DORGANS. — Voir *Gault (Henry)* et *divers*.............. 1125

SENEVET (GEORGES) et LOUIS ANDARELLI. — Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. Préface de M. *Edmond Sergent*................. 11

— Le prix Foulon de zoologie leur est décerné...................... 1962

SEPTIER (ALBERT). — Réalisation pratique d'une lentille quadrupolaire magnétique pour particules de très haute énergie........... 132

— Étude des champs de fuite d'une lentille quadrupolaire magnétique. 1026

— Étude de la longueur efficace d'une lentille magnétique quadrupolaire et de ses variations dans l'entrefer......................... 1297

— Détermination de l'impédance série et de la longueur d'atténuation pour un guide d'onde à hélice pour accélérateur linéaire à protons... 1748

SÉRÉE DE ROCH (IRÉNÉE). — Voir *Mathis-Noël (M[me] Raymonde)* et *divers*......................... 257

SERGENT (EDMOND). — Adresse un Ouvrage : « Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen », par MM. *Georges Senevet* et *Louis Andarelli*, dont il a écrit la Préface............ 11

SERRUYS (MAX). — Le prix d'Aumale lui est décerné................ 1967

— Adresse des remercîments......... 1985

SERVANT (ROGER). — *Erratum* relatif à une précédente Communication (242, 1956, p. 2318)........... 688

SERVICE DES RECHERCHES PISCICOLES. — Annales de la Station centrale d'Hydrobiologie appliquée. Tome VI, 1956 (imp.). 1090

SERVICE GÉOLOGIQUE DU MAROC. — Voir *Fallot (Paul)*...... 343

SERVIGNE (MARCEL). — Délégué de la France au XV[e] Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne.............. 216

SESTIER (AIMÉ). — Délégué de la France au IX[e] Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216

SHAPLEY (HARLOW). — Adresse quelques tirages à part de ses travaux d'Astronomie.......... 1181

SHIMODAIRA (CLAUDE). — Voir *Meyer (Maxence)* et *Claude Shimodaira*.................. 846, 1371

SHIZUOKA UNIVERSITY. — Reports of the Liberal Arts Faculty (Natural Science), n° 1 à 8 (imp.)... 472

SIDERIADES (LEFTERI). — Systèmes non linéaires de deuxième ordre. Applications à l'Électronique.... 1850

SIEMATYCKI (MICHEL). — Sur un dérivé coloré du triphénéthynylcarbinol................... 69, 856

SIESTRUNCK (RAYMOND). — Voir *Fabri (Jean)* et *Raymond Siestrunck*........................ 1718

SIGNER (PETER). — Voir *Choubert (Georges)* et *divers*............. 286

— Voir *Besairie (Henri)* et *divers*..... 544

SIMENAUER (ALFRED). — Métabolisme de la bétaïne dans le glomérule de Betterave............. 213

SIMON (RENÉ). — Voir *Fert (Charles)* et *René Simon*................ 1300

SIMONET (MARC). — Obtention d'hybrides intergénériques *Ægilotricum* (*Ægilops* × *Triticum*) amphidiploïdes.......................... 863

MM. Pages.
— Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*............... 1091
SIMONIN (RAYMOND F.). — Sur la courbure normale des revêtements routiers ou analogues........... 1187
— Sur une part d'énergie inutilement consommée par les véhicules roulant sur un revêtement moderne à surface irrégulière............ 1598
SIMONNET (HENRI). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*........ 1818
SIPAHIOGLU (OSMAN). — Sur l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations géomagnétiques....... 1427
SIRCHIS (JEAN), PIERRE FROMAGEOT et Mlle HÉLÈNE BERNARD. — Points communs entre l'α_1-cristalline et la fraction principale F_1 de l'insoluble du cristallin de Bœuf................. 2164
SIRIEIX (MAURICE). — Voir *Michel* (*Roger*) et *Maurice Sirieix*....... 231
SIVADJIAN (JOSEPH). — Variations réflexes de la perspiration palmaire insensible sous l'influence des modifications indirectes de la température cutanée........... 1676
SKALOVA (Mlle RADMILLA). — Voir *Nicolle* (*Pierre*) et *divers*......... 994
SKVORTZOV (S. A.). — Assiste à une séance........................ 217
SMEATON (W. A.). — Voir *Duveen* (*Denis I.*)..................... 796
SMORODINSKY (JACOB). — Assiste à une séance..................... 217
SOCHAT (DAVID). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles................... 216
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. — Une subvention Loutreuil lui est attribuée 1967
— Son Président adresse des remercîments...................... 1985
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MÉTALLURGIE. — Journées d'automne 1956 : 22-27 octobre. Avant-programme et résumés des communications (imp.)............. 635
SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE. — Liste des Membres au 30 juin 1956 (polycopie)...... 546
— Liste d'envoi des échanges du Bulletin (polycopie)............. 546
SOCIETY FOR THE RESEARCH OF THEORETICAL CHEMISTRY [KINKI UNIVERSITY]. — Science reports. Vol. I, n° 1. Vol. II, n° 1 (imp.)........................ 882
SOLOVINE (MAURICE). — Voir *Einstein* (*Albert*)................... 1704
SOUCHAY (PIERRE). — Voir *Lefebvre* (*Jean*) et *Pierre Souchay*. 1416, 1626
SOUÈGES (RENÉ). — Embryogénie des Adoxacées. Développement de l'embryon chez l'*Adoxa Moschatellina* L....................... 1376
SOULA (CAMILLE). — Représentera l'Association des Physiologistes dans le Comité national des Sciences physiologiques......... 329
SOULA (LOUIS-CAMILLE). — Voir *Baïsset* (*Antoine*) et *divers*....... 413
SOULARD (ALAIN). — Voir *Brot* (*Claude*) et *Alain Soulard*....... 1848
SOULIÉ (PIERRE). — Le prix Argut lui est décerné................. 1963
— Adresse des remercîments......... 1985
SPALLANZANI (LAZARE). — Expériences sur la digestion de l'Homme et des différentes espèces d'animaux. (Reproduction en fac-similé de l'édition de 1787.)........... 1182
STATION CENTRALE D'HYDROBIOLOGIE APPLIQUÉE. — Voir *Service des Recherches piscicoles*.......................... 1090
STAUB (Mlle ANNE-MARIE) et Mlle RÉGINA TINELLI. — Essai d'identification des antigènes O des Salmonelles au moyen de l'oxydation periodique du polyoside spécifique.......................... 1460
STEFANOVIC (Mme SINISA), née DANICA PAVLOVIC. — Voir *Arsenijevic* (*Vladimir C.*) et Mme *Danica Stefanovic*..................... 964
STEPANOV (B. I.). — Liouminestsentsia slojnik molekoul. Tome I (imp.)......................... 1005
STINCA (STEFAN). — Mediul social ca factor patologic, cu um studiu introductiv si aduotàri de *Samuil Izsak* (imp.)................... 1092
STOILOW (SIMION). — Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques professées à la Sorbonne et à l'Université de Cernauti, 2e édition (imp.)... 830
STROUN (MAURICE). — Contribution à l'étude du développement des céréales (imp.)................. 1091

MM. Pages.

STULLA-GÖTZ (Joseph). — Assiste à une séance 929
STUMPER (Robert). — Observations éthologiques sur la « fourmi à miel » française *Proformica nasuta* Nyl 317
STUTINSKY (Fred). — Mise en évidence *in vivo* d'une « hypophysostimuline » à effet corticotrope dans l'hypothalamus antérieur du Bœuf 520
— Voir *Mialhe-Voloss* (Mme *Cécile*) et M. *Fred Stutinsky* 189
SUARD (Pierre). — Un prix L.-E. Rivot lui est décerné 1968
— Adresse des remercîments 1985
SÜE (Pierre), René MICHON et Jean MÉRINIS. — Métabolisme de la silice et des silicates, injectés chez l'animal par voie intraveineuse, suivi à l'aide du radiosilicium ^{31}Si 1809
— Id. inhalés par l'animal, suivi à l'aide de ^{31}Si 2194
SULMONT (Alain). — Voir *Bastien* (*Paul*) et *Alain Sulmont*.. 1872, 2065
SUNG (Shou-Sin). — Sur l'énergie d'activation de la dénaturation par la chaleur de l'isohémagglutinine β (A_1O) 100

MM. Pages.

SWAINGER (Keith). — Analysis of deformation. Volume III. Fluidity (imp.) 1468
SWENSSON (J.). — Voir *Migeotte* (*M.*). 1818
SWINGS (Pol). — Élu Correspondant pour la Section d'Astronomie en remplacement de M. *Eugène Delporte*, décédé 1467
— Adresse ses remercîments 1705
— Adresse une série de tirages à part de ses travaux d'Astronomie 1817
SY (Michel). — Sur de nouvelles ionones 1772
SYMPOSIUM INTERNATIONAL PHARMACOLOGIQUE ET CLINIQUE SUR LES SUBSTANCES PSICOTROPES. — L'Académie est informée de la réunion du Symposium, à Milan, en mai 1957. 635
SZARVASI (Étienne). — Sur un effet du nickel de Raney rendu sélectif par l'aluminate de sodium 907
SZEGÖ (Gabor). — Assiste à une séance 877
SZWEJCEROWA (Aniela) et Jadwiga GROSZYNSKA. — Voir *Polska Akademia Nauk* 1818
SZYDLOWSKI (Josef). — Le prix Plumey lui est décerné 1961
— Adresse des remercîments 1985

T

TAGUTI (Ryuzaburo) et Masako SATO. — Sur l'emploi d'une fonction exponentielle pour établir une échelle uniforme de chromaticité 654
TAKAHASHI (Noboru) et Kenji KAZATO. — Nouvelle méthode de préparation de films métalliques minces en microscopie électronique 1408
TANAEVSKY (Mlle Olga). — Résultats de dosages du peroxyde d'azote atmosphérique 1348
TANASESCU (Tudor). — Manual de tuburi si circuite electronice. Vol. I (imp.) 1182
TANCHE (Maurice). — Voir *Chatonnet* (*Joseph*) et *Maurice Tanche*. 412
TARDI (Pierre). — Rend compte de l'inauguration d'un monument élevé à Pello, en commémoration de la mesure d'un arc de méridien effectuée en 1936-1937 par une expédition de l'Académie royale des Sciences 11
— Id. d'une série d'expériences géophysiques dans les Alpes françaises, du 24 août au 6 septembre 1956 1089
— Présenté en deuxième ligne, pour la place de Membre titulaire du Bureau des Longitudes, vacante par la mort de M. *Jean Tilho* 1181
TAUREL (Mlle Lucienne). — Étude de la diffusion Rayleigh par le quartz en lumière monochromatique 1755
TAVERNIER (Raymond). — Voir *Jost* (*Alfred*) et *Raymond Tavernier* 1353
TCHERNIGOVTZEFF (Mlle Cathe-

MM. Pages.

RINE). — Une bourse lui est attribuée sur la fondation Richard... 1969

TENDILLE (CLAUDE), JEAN GRENIER DE RUERE et GEORGES BARBIER. — Échanges isotopiques du potassium peu mobile des sols... 87

TEODOREANU (N.). — Cum s-a format merinosul de Palas (imp.). 1182

TERAO (NOBUZO). — Voir *Trillat* (*Jean-Jacques*) et *divers*... 666

TERRIEN (JEAN) et JEAN HAMON. — Sur la mesure interférentielle des longueurs par une méthode d'observation photoélectrique... 740

TERRIEN (JEAN) et TOSHIRO MASUI. — Mesure interférentielle de la longueur d'onde de quelques radiations du proche infrarouge... 776

TERRIER (CLAUDE). — Voir *Bizette* (*Henri*) et *divers*... 895, 1295

TERROINE (ÉMILE-F.). — Représentera le Centre national de la Recherche scientifique dans le Comité national des Sciences physiologiques... 329

TERROINE (Mlle THÉRÈSE). — Caractères de la protection exercée par l'acide ascorbique contre la carence B_1... 968

— Un prix du Docteur et de Mme Henri Labbé lui est décerné... 1966

— Voir *Charconnet* (Mme *Francine*) et Mlle *Thérèse Terroine*... 866

TERTIAN (Mme ROBERT), née LÉA CHARAUDEAU. — Voir *Trillat* (*Jean-Jacques*) et *divers*... 666

TESLA (NIKOLA). — M. *Georges Darrieus* est délégué au Centenaire de sa naissance, à Belgrade, du 10 au 13 juillet 1956... 12

— Il rend compte de ces Cérémonies... 343

TESSON (FERNAND). — Application du premier principe aux systèmes fluides limités par une surface de contrôle variable... 560

THANH (GIANG NGUYEN). — Voir *Gault* (*Henry*) et *Giang Nguyen Thanh*... 1530

THAUREAUX (Mlle JACQUELINE). — Voir *Jollès* (*Pierre*) et Mlle *Jacqueline Thaureaux*... 1685, 1926

THÉBAULT (VICTOR). — Sur la droite de Simson, (imp.)... 546

— Sur les suites de Pell (imp.)... 1588

THENOZ (BERNARD). — Mesure de la perméabilité et de la porosité des roches très compactes... 289

THÉOBALD (NICOLAS). — Tectonique de la vallée de la Moselle entre Metz et Thionville... 1536

THÉRON (A.) et J. VINDT. — Carte de la végétation du Maroc, feuille Rabat-Casablanca (imp.)... 1383

THÉVENET (PIERRE) et Mme PIERRE THÉVENET. — Un prix leur est décerné sur le fonds des Laboratoires... 1968

— Adressent des remercîments. 1984, 1985

THÉVENET (Mme PIERRE), née ANDRÉE MARCOZ. — Voir *Thévenet* (*Pierre*) et Mme *Pierre Thévenet*.. 1968

THIERS (MICHEL). — Voir *Colonge* (*Jean*) et *divers*... 1425

THIESSE (XAVIER). — Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne... 216

THIMANN (K. W.). — Voir *Thomas* (*J.-André*)... 1984

THIRY (RENÉ). — Délégué au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles... 755

THOMAS (J.-ANDRÉ). — Les facteurs de la croissance cellulaire. Activation et inhibition, publiés sous sa direction par *Jean Brachet, Pierre Chouard, Albert Delaunay, Guy Deysson, Pierre Dustin, Pierre Gavaudan, Raoul-Michel May, Charles Oberling, K. W. Thimann, Étienne Wolff*... 1984

THOMAS Jr. (WILLIAM L.), CARL O. SAUER, MARSTON BATES, LEWIS MUNFORD. — Man's Role en changing the Face of the Earth (imp.)... 764

THOMSON (Sir JOSEPH JOHN). — La Cérémonie du Centième anniversaire de sa naissance aura lieu à Cambridge (Angleterre), le 15 décembre 1956... 1587

THUILLIER (Mme JEAN), née GERMAINE NACHMIAS et Mme PASCALINE DAUDEL. — Influence d'un atome d'halogène sur la réactivité d'un autre halogène de la même molécule... 147

TILHO (JEAN). — Son remplacement comme Membre titulaire du Bureau des Longitudes... 12, 1181

— Id. dans la Section de Géographie et Navigation. 1005, 1091, 1693, 1705

TILLIEU (JACQUES). — Voir *Guy* (*Jean*) et *divers*... 34

TINELLI (Mlle REGINA). — Voir *Staub* (Mlle *Anne-Marie*) et Mlle *Regina Tinelli*... 1460

MM. Pages.

TIROUFLET (JEAN) et PIERRE FOURNARI. — Préparations et propriétés des aldéhydes et des cétones nitrés dérivés du thiophène. 61
TIROUFLET (JEAN) et JEAN-PAUL CHANÉ. — Sur la polarographie des nitrothiophènes substitués... 500
TONUS (SERGE). — Voir *Yagi (Kunio)* et *divers*.................. 106, 1576
TORLAIS (JEAN). — Benjamin Franklin a-t-il inventé le paratonnerre? (imp.).......................... 12
TORSOUEVA (Mlle HÉLÈNE). — Voir *Medvedeva* (Mme *Nina*) et *divers*.. 1203
TORTOSA (JEAN). — Facteurs de réflexion du gallium en lames minces........................ 2031
— Voir *Perrot (Marcel)* et *divers*....... 367
TOURNARIE (MAX). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*........... 12
TOUZÉ (ANDRÉ). — Voir *Guitton* (*Yves*) et *André Touzé*.......... 1367
TOUZÉ (ANDRÉ) et Mme GENEVIÈVE BRUNEL-CAPELLE. — Sur la décarboxylation de l'acide mésoxalique. Propriétés décarboxylantes de l'homocystéine.............. 1250
TRELLIS (MICHEL). — Voir *Gentili di Giuseppe* (*Marcel*) et *Michel Trellis*........................ 1724
TRÉMOLIÈRES (JEAN). — Un prix du Docteur et de Mme Henri Labbé lui est décerné.......... 1966
— Adresse des remercîments......... 1985
TRICAUD (Mlle MARIE-ÉLISABETH). — Voir *Redel* (*Joseph*) et *divers*..... 928
TRIGOLET (FERNAND). — Voir *Meinnel* (*Jean*) et *divers*........ 1761
TRILLAT (JEAN-JACQUES). — Un prix Jaffé lui est décerné.......... 1967
— Adresse des remercîments......... 1985
TRILLAT (JEAN-JACQUES), Mmes SUZANNE BARBEZAT et ANNICK JACQUOT. — Étude aux rayons X des transformations du stéarate et du laurate de plomb en fonction de la température... 71
TRILLAT (JEAN-JACQUES), Mme LÉA TERTIAN et M. NOBUZO TERAO. — Sur la transformation du nickel cubique en nickel hexagonal..... 666
TROMBE (FÉLIX). — Voir *Henry la Blanchetais* (Mlle *Charlotte*) et M. *Félix Trombe*............... 707
TROPLENT (LAURY). — Voir *Caujolle* (*Fernand*) et *divers*............. 1933
TROUPIN (G.). — Voir *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*... 546
TRUHAUT (RENÉ). — Voir *Clercq* (Mlle *Monique de*) et M. *René Truhaut* .. 2172
— Voir *Fabre* (*René*) et *divers*. 541, 624
— Délégué de la France au XVe Congrès international de Chimie pure et appliquée, à Lisbonne....... 216
TRUHAUT (RENÉ) et CLAUDE PAOLETTI. — Inhibition de la synthèse de l'hémoglobine *in vitro* par l'oxyde de méthyl-bis (β-chloréthyl) amine (nitromine) et par la triéthylènemélamine............ 524
TSAÏ (BELLING). — Voir *Bizette* (*Henri*) et *divers*................. 895, 1295
TSATSAS (GEORGES). — Voir *Delaby* (*Raymond*) et *divers*............ 2082
TUCHMANN-DUPLESSIS (HERBERT) et Mme LUCETTE MERCIER-PAROT. — Répercussions de la réserpine sur la gestation chez la Ratte.......................... 410
— Influence d'un corps de chélation, l'acide éthylènediaminetétraacétique sur la gestation et le développement fœtal du Rat........ 1064
TURLIER (PIERRE), LUCIEN EYRAUD et CHARLES EYRAUD. — Spectres de réflexion infrarouge de quelques titanates....................... 659
TUZET (Mlle ODETTE). — Voir *Grassé* (*Pierre-P.*) et *divers*............ 337

U

UBELMANN (FRANÇOIS). — Voir *Robin* (*Jean*) et *divers*................ 1750
UEBERSFELD (JEAN). — Voir *Cauchois* (Mlle *Yvette*) et *divers*...... 12
UEBERSFELD (JEAN) et EDMOND ERB. — Un nouvel effet de l'oxygène sur la résonance paramagnétique des charbons....... 363
— Saturation et temps de relaxation dans la résonance paramagnétique électronique des charbons de sucre. 2043
UNESCO. — Manuel des échanges inter-

MM. Pages.

nationaux de publications (imp.). 1091
UNION INTERNATIONALE DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE. — Comptes rendus de la XVIIIe Conférence. Zürich, 20-28 juillet 1955 (imp.). 635
— XVe Congrès (Chimie analytique). Résumé des communications (imp.). 1005
UNION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DE LA NATURE. — M. *Roger Heim* rend compte de la Ve Assemblée générale, à Edimbourg, du 20 au 28 juin 1956. 729
— Union Internationale pour la protection de la nature, créée à Fontainebleau le 5 octobre 1948 (imp.). 882
— Présentation selon un plan d'ensemble des principales résolutions votées par les réunions techniques et les Assemblées générales de l'U. I. P. N. (imp.). 882
UNIVERSIDAD DEL ZULIA [MARACAÏBO]. — Segunda Epoca, Ano I, nº 1 (imp.). 222
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. — Anuario de Labores 1953-1954. Bogota (imp.). 796
UNIVERSITEIT TE GENT. — Plechtige opening der Leergangen op 1 october 1951. Het Postulaat van de Werelvrede, par *A. Kluyskens* (imp.). 222
— Id. op 5 october 1954. Wat is Lucht ?, par *J. Gillis* (imp.). 222
UNIVERZITET U BEOGRADU. — Publikacije elektrotehnickog Fakulteta. Serija matematika i fisika, nºs 1, 2, 3 (imp.). 1986
URIEL (JOSÉ). — Voir *Drilhon* (Mme *Andrée*) et *divers*. 1802
UZAN (ROBERT). — Voir *Mesnard* (*Guy*) et *Robert Uzan*. 1502

V

VAGO (CONSTANTIN). — Voir *Biliotti* (*Émile*) et *divers*. 206
VÄISÄLÄ (YRJO). — Assiste à une séance. 929
VALADE (JACQUES) et RAYMOND CALAS. — Préparations et structure d'un éther-oxyde silicié. 386
VALCOVICI (VICTOR). — Une extension des liaisons non holonomes.. 1012
— Sur une extension des principes variationnels de la Mécanique et sur l'existence d'autres principes analogues. 1096
VALENSI (JACQUES). — Délégué de la France au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles. 216
VALENTIN (PIERRE). — Voir *Ribaud* (*Gustave*) et *Pierre Valentin*. 463
VALISACHE (SERGIU). — Elemente de teoria multimilor si a structurilor algebrice (imp.). 1006
VALLOIS (HENRI). — Une subvention Loutreuil lui est attribuée... 1967
— Adresse des remercîments. 1985
VAN BIESBROECK (GEORGES). — Le prix Saintour lui est décerné. 1965
VAN DEN DUNGEN (FRANS), PAUL HONTOY et PAUL JANSSENS. — Étude des oscillations à déferlement par les méthodes de l'analyse topologique. Vérification dans le cas d'un multivibrateur. 627
VAN EEPOEL (PIERRE). — Sur un comparateur de niveaux de liquides. 1014
VANPÉE (MARCEL). — Sur les flammes froides du méthane. 804
VARIĆAK (Mme BOGDAN) née MILENA VERONA). — Étude sur l'utilisation de thermistances pour la mesure des basses pressions. 893
VARTAPETIAN (HAMLET). — Schéma des niveaux du ^{131}Cs. 1512
VASILACH (SERGE). — Généralisation d'un théorème de Phragmen. 1468
— Sur le produit de composition des fonctions et distributions à support dans R^n_+, $n > 1$. 1591, 1708
VASSY (ÉTIENNE). — Physique de l'atmosphère. I. Phénomènes d'émission dans l'atmosphère (imp.). 1263
— Voir *Gasnier* (*René*) et *Étienne Vassy*. 2118
VASSY (Mme ÉTIENNE), née ARLETTE TOURNAIRE. — Voir *Rasool* (*Ishtiaq*) et Mme *Arlette Vassy*... 298

MM. Pages.

VAUGIEN (Léon). — Ponte du Chardonneret induite, en toutes saisons, par l'injection de gonadotrophine équine................ 444

VAUPRÉ (Roger). — Voir *Jacob (Robert-Michel)* et *divers*........ 1637

VAVON (Gustave). — *Erratum* relatif à une précédente Communication (237, 1953, p. 729 et 730)....... 1576

VAZACA (Christofor). — Incalzirea prin inductie in joasa si inalta frecventa (imp.)................ 1985

VELICAN (C.). — Reglarea nervoasa a glandei suprarenale (imp.)....... 1092

— Voir *Lupu (N. Gh.)* et *C. Velican*... 1091

VELLARD (Jehan). — Étude du venin de l'Araignée *Loxosceles læta* (Nic)..................... 433

— Action *in vitro* du venin de l'Araignée sud-américaine « *Loxosceles læta.* »........................ 825

— Le prix Jean Reynaud lui est décerné....................... 1965

VERDIER (Michel). — Voir *Albrecht (Frédéric O.)* et *Michel Verdier*... 203

VERGE (Jean), Pierre GORET, Alain PARAF et Georges VINCENT. — Production des anticorps chez le jeune Lapin. Action de la somatotrophine hypophysaire.......................... 1934

VERNET (Jean-Pierre). — Les minéraux argileux des sédiments oligo-miocènes du bassin molassique suisse......................... 1129

VERNHET (Mlle Solange). — Voir *Rivière (André)* et Mlle *Solange Vernhet*................. 1134, 1342

VERNOTTE (Pierre). — Les applications scientifiques de la notion de régularité (imp.)............ 12

— A propos de la mesure directe de l'accélération de la pesanteur.... 227

— A propos de quelques expériences récentes sur la convection de la chaleur et la transformation de l'énergie. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Notes techniques (imp.).... 936

— Le dépouillement des expériences par la méthode de moindre imprécision ou par la méthode des moindres carrés................ 1733

— Calcul numérique, Calcul physique, Application à la Thermocinétique. Préface de M. *Gustave Ribaud* (imp.)......................... 1984

VERSCHUREN (J.). — Voir *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*.......................... 546

VESSIÈRE (Roger). — Sur le chloro-3 butène-3 oïque et quelques-uns de ses dérivés.................... 593

— Prototropie en milieu basique du chloro-3 butène-3 oate d'éthyle.. 811

VEYRET (Mlle Yvonne). — Orchidacées. Les lois du développement chez le *Neottia Nidus-avis* Rich.. 1549

VIALLARD (Rodolphe). — Voir *Albany (Halim J.)* et *Rodolphe Viallard*....................... 948

— Voir *Daou (Joseph)* et *Rodolphe Viallard*....................... 2050

VIALLET (Pierre). — Le prix du Docteur et de Mme Peyré lui est décerné........................ 1963

— Adresse des remercîments......... 1985

VIDAL (Georges) et François GIRARD. — Sur un nouveau dispositif de rupture des matériaux par un effort alternatif sinusoïdal à 87 000 c/s...................... 1276

VIEL (Guy). — Le prix Foulon d'économie rurale lui est décerné..... 1963

— Adresse des remercîments......... 1985

VIENNOT-BOURGIN (Georges). — Mildious, oidiums, caries, charbons, rouilles des plantes de France. Texte et Atlas (imp.).... 1383

VIEU (Jean-François). — Voir *Nicolle (Pierre)* et *divers*.......... 454, 994

VIEWEG (Richard). — Assiste à une séance........................ 929

VIGNAIS (Pierre). — Voir *Grangaud (René)* et *divers*................ 1170

VIGNAL (Jean). — Pose sa candidature à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*......................... 1091

— Présenté en deuxième ligne........ 1693

— Obtient des suffrages............. 1705

VILLAR (G. E.). — Energia atomatica para la paz. Extrait de la Revista de ingeniera (Montevideo) (imp.). 546

VILLAT (Henri). — Délégué au Centenaire d'*Émile Picard*, les 27 et 28 novembre 1956, à la Cité Universitaire et à l'École centrale des Arts et Manufactures....... 1467

— Rapport du prix Henri de Parville de mécanique.................. 1960

— Id. du fonds des Laboratoires.... 1968

VINCENT (Georges). — Voir *Verge (Jean)* et *divers*................ 1934

VINCIENNE (Henri) et Hubert PELISSONNIER. — Présence de l'étain sur la bordure occidentale

MM. Pages.

du massif du Saint-Guiral (Cévennes méridionales)........... 915
VINDT (Y.). — Voir *Théron* (*A.*) et *J. Vindt*..................... 1383
VINTEMBERGER (PIERRE) et JEAN CLAVERT. — Sur la fréquence relative de la monstruosité double et le degré d'instabilité de l'orientation de l'œuf dans l'utérus, chez différents Oiseaux.............. 2149
VIOLA (TULLIO). — Construction et propriétés de certains ensembles de points sur le plan hyperbolique ou sur la droite projective....... 1819
VIVIER (ÉMILE). — Induction de la conjugaison dans des souches non conjugantes de *Paramæcium caudatum*........................ 199
VLASSOV (NICOLAS). — Assiste à une séance....................... 217
VODAR (BORIS). — Voir *Lazare* (*Flavien*) et *Boris Vodar*........... 487
VOGEL (THÉODORE). — Délégué au IXe Congrès international de Mécanique appliquée, à Bruxelles. 755

MM. Pages.

VOIGT (DANIEL). — Voir *Gallais* (*Fernand*) et *Daniel Voigt*....... 942
VOLFIN (PIERRE), HUBERT CLAUSER et Mlle DANIÈLE GAUTHERON. — Influence de l'œstradiol et de la progestérone sur les phosphates acidosolubles de l'utérus de Rat........................ 522
— Action de l'adrénaline et de l'hormone de croissance antéhypophysaire sur le phosphate minéral et les phosphates labiles de l'utérus de Rat....................... 605
VRANCEANU (GEORGES). — Les transformations crémoniennes entières et les espaces à connexion affine... 1997
VUILLARD (GUY). — Voir *Rollet* (*Antoine-Pierre*) et *Guy Vuillard*. 383
VUITTENEZ (ANDRÉ). — Variation des symptômes de la dégénérescence infectieuse de la Vigne. Interprétation d'expériences de transmission de la maladie par greffage....................... 515

W

WAKSMAN (SELMAN A.). — Adresse un fascicule : « First Report 1954-1956, Institute of Microbiology, Rutgers University, the State University of New Jersey », dont il a écrit la Préface....... 471
WALDEN (PAUL). — Histoire de la Chimie. Traduite de l'allemand par *Eugène Darmois* (imp.)...... 1983
WALZ (ALFRED). — Nouvelle méthode approchée pour la couche limite compressible.................. 15
WANNER (MARCEL). — Propriétés des écoulements unidimensionnels permanents d'un gaz quelconque dans une tuyère de section variable ou non avec échange de chaleur et dissipation d'énergie due à la viscosité....................... 1485
WARREN (SHIELDS). — Voir *Oughterson* (*Ashley W.*) et *Shields Warren*....................... 1091
WATELLE (Mme JEAN-PAUL), née GINETTE MARION. — Sur la floculation des hydrosols par des mélanges d'électrolytes contenant un ion « stabilisant »........... 944

WATSON (G. N.). — Voir *Whittaker* (Sir *Edmund*).................. 221
WAUQUIER (JEAN-PIERRE) et JOSEPH-CHARLES JUNGERS. — Utilisation de la méthode de conjonction des réactions pour la comparaison des constantes cinétiques en catalyse hétérogène................ 1766
WEBER (Mlle MARIE-ROSE). — Voir *Chouard* (*Pierre*) et Mlle *Marie-Rose Weber*.................... 1659
WEIER (JOSEPH). — Classification de champs de direction sur une sphère........................ 1995
WEIL (GILBERT). — Voir *Benhamou* (Mlle *Nicole*) et M. *Gilbert Weil*.. 2054
WEIL (LOUIS). — Un prix Charles-Louis de Saulses de Freycinet lui est décerné.................. 1965
— Adresse des remercîments......... 1985
WEIL (LOUIS) et Mlle LUCIE GRUNER. — Granulométrie du cobalt dans un alliage Cu-Co............... 1629
WEINSTEIN (ALEXANDRE). — Sur un problème de Cauchy avec des données sous-harmoniques....... 1993
WEISBUCH (Mme ADOLPHE), née FEIGA

MM. Pages.
IATCO. — Voir *Nicolle (Jacques)* et Mme *Feiga Weisbuch*......... 842
WEISHU (SHIH). — Voir *Ehresmann (Charles)* et *Shih Weishu*........ 344
WEISSENBERG (M.). — Voir *Nicolau (V.)* et *divers*.................. 1182
WENT (FRITS). — Assiste à une séance........................ 1373
WEY (RAYMOND). — Voir *Goldsztaub (Stanislas)* et *Raymond Wey*..... 261
WEY (RAYMOND) et Mme GERMAINE YVERNAULT. — Sur l'adsorption d'anions oxaliques par la montmorillonite................ 1049
WHITTAKER (Sir EDMUND). — Lady *Whittaker* adresse les Ouvrages de son mari : From Euclid to Eddington, the Tarner lectures, 1947; The Modern Approach to Descartes'Problem; The relation of the mathematical and physical sciences to philosophy; A course of modern analysis (avec *G. N. Watson*); L'espace et l'esprit; A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies; The calculus of observations (avec *G. Robinson*); Der Anfang und das Ende der Welt; History of the theories of Aether and Electricity : The Classical Theories. The modern theories 1900-1926. 221
WHITWHAM (DONALD). — Voir *Hérenguel (Jean)* et *divers*........... 2060
WINOGRADSKY (SERGE). — Notice sur sa vie et ses travaux, par M. *Robert Courrier*............. 1969
WINTERNITZ (FRANÇOIS). — Voir *Mousseron (Max)* et *divers*...... 1328
WINTNER (AUREL). — Sur le dernier théorème de géométrie de Poincaré......................... 835
WOLF (ANDRÉ DE). — Voir *Bertrand (Didier)* et *André de Wolf*....... 1924
WOLF (WALTER). — Voir *Roche (Jean)* et *divers*...................... 1067
WOLFF (ÉTIENNE). — Voir *Thomas (J.-André)*..................... 1984
WOLFF (ÉTIENNE) et Mme MADELEINE KIENY. — Comparaison des valeurs nutritives de l'extrait embryonnaire et de liquides organiques adultes dans la culture *in vitro* de tibias cartilagineux d'embryon de Poulet............... 2152
WOLFF (Mme ÉTIENNE), née ÉMILIENNE HENNIG. — Amélioration de l'extrait d'embryon de Poulet par des solutions synthétiques dans la culture *in vitro* de la syrinx d'Oiseau....................... 2154
WOLLMAN (ÉLIE L.). — Voir *Fuerst (Clarence R.)* et *divers*........... 2162
— Voir *Jacob (François)* et *Élie Wollman*.................... 1966, 1985
WOLSTENHOLME (G. E. W.) et CECILIA O'CONNOR. — Voir *Ciba Foundation*.................... 764
WRETE (MARTIN). — Über die Innervation der Muskelsehnen (Thèse, Uppsala) (imp.)................ 12
WURTZ (BENOÎT) et Mme DENISE CAGNIANT. — Dosage d'une glucido-protéine synthétisée dans les cultures de bactéries protéolytiques des ensilages............ 752

X

XUONG (N. DAT). — Voir *Hoï (N. P. Buu)* et *divers* 1126, 2090

Y

YAGI (KUNIO), SERGE TONUS et Mlle YVONNE KHOUVINE. — Incorporation du ^{32}P dans les acides nucléiques de l'homogénat et des mitochondries de l'épithélioma atypique du Rat......... 106
— *Erratum*........................ 1576
YAMAUTI (ZIRO). — Assiste à une séance........................ 929
YUASA (Mlle TOSIKO), Mme JEANNE LABERRIGUE-FROLOW et M. LOUIS FEUVRAIS. — Matérialisation interne dans la transition monopolaire électrique $0^+ \rightarrow 0^+$ dans le ^{90}Zr................... 2045

Z

MM. Pages.

ZELINSKII (N. D.). — Voir *Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*....... 1818

ZELTER (Zelmen). — Voir *Charlet-Lery* (Mme *Geneviève*) et M. *Zelmen Zelter*........................ 615

ZIZINE (Louis). — Voir *Courrier* (*Robert*) et *divers*.......... 217, 1577

ZMERLI (Adnan). — Voir *Pesteil* (*Paul*) et *Adnan Zmerli* . 1506, 1757

ZUCKERMANN (Mlle Marie-Claire). — L'interprétation de certaines particularités spectrales des variables de type *SS Cygni* par un modèle d'étoile double.......... 567

ZYGMUND (Antoni). — Voir *Saks* (*Stanislaw*) et *Antoni Zygmund*... 882



GAUTHIER-VILLARS,

ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Paris. — Quai des Grands-Augustins 55.

151643-57